

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-259813
(43)Date of publication of application : 24.09.1999

(51)Int.Cl. G11B 5/31
G01R 33/02
G11B 11/10

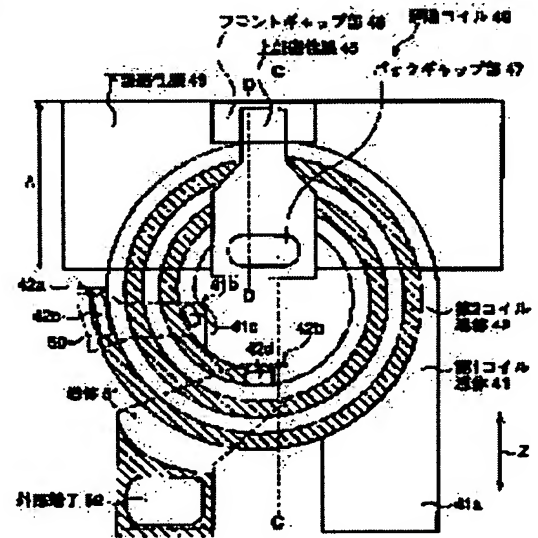
(21)Application number : 10-059831 (71)Applicant : SONY CORP
(22)Date of filing : 11.03.1998 (72)Inventor : ONUMA KAZUNORI

(54) THIN FILM COIL, MAGNETIC HEAD AND MAGNETO-OPTICAL HEAD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a thin film coil small in size and excellent in generation magnetic field efficiency.

SOLUTION: This thin film coil 40 is provided between a lower magnetic layer 43 and an upper magnetic layer 45 and is provided with a first coil conductor 41 formed in a spiral shape and provided with a first connection terminal 41c on an inner peripheral side and a second coil conductor 42 provided over the almost entire periphery between the first coil conductor 41, made to face the first coil conductor 41 through an insulation film and provided with a second connection terminal 42c electrically connected to the first connection terminal 41c on an outer peripheral side.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 20.12.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In the thin film coil prepared between the lower magnetic layer and the up magnetic layer it is formed in the shape of a spiral, and has the 1st connection terminal in the inner circumference side -- with a conductor the 1st coil The thin film coil characterized by the thing which have the 2nd connection terminal which was prepared in the perimeter almost over the conductor the 1st coil, has countered through a conductor and an insulator layer the 1st coil, and is electrically connected with the 1st connection terminal at the periphery side, and for which it has the conductor the 2nd coil.

[Claim 2] It is the thin film coil according to claim 1 with which the conductor and the slant face which the cross section of a conductor is formed in the trapezoid configuration, and contains the slash of a conductor the 1st coil the 2nd coil, and the slant face which contains the slash of a conductor the 2nd coil have countered through an insulator layer the 1st coil.

[Claim 3] For the cross section of a conductor, a conductor is a conductor, and a conductor and the thin film coil according to claim 1 with which it is formed in the shape of a semicircle, and has countered through [the 2nd coil] an insulator layer the 1st coil the 2nd coil the 1st coil.

[Claim 4] The insulator layer which has insulated the conductor with the conductor the 2nd coil the 1st coil is a thin film coil according to claim 1 currently formed with the inorganic material.

[Claim 5] By the field which has the thin film coil inserted into the lower magnetic film and the up magnetic film, and is generated from a thin film coil In the magnetic head which records / reproduces information at a magnetic information record medium a thin film coil it is prepared in the shape of a spiral, the cross section is formed in the trapezoid configuration, and it has the 1st connection terminal in the inner circumference side -- with a conductor the 1st coil It is prepared in the perimeter over a conductor the 1st coil, and the cross section is formed in the trapezoid configuration. The magnetic head characterized by the thing which have the 2nd connection terminal which the slant face containing the slash of a trapezoid configuration and the slant face which contains the slash of the trapezoid configuration of a conductor the 1st coil have countered through an insulator layer, and is electrically connected with the 1st connection terminal at the periphery side, and for which it has the conductor the 2nd coil.

[Claim 6] In the optical magnetic head which records information on the optical MAG information record medium which has the thin film coil on the lower magnetic film, is made to modulate the field generated from a thin film coil, and is heated by the laser beam it is prepared in the shape of a spiral, the cross section is formed in the trapezoid configuration, and the thin film coil has the 1st connection terminal in the inner circumference side -- with a conductor the 1st coil It is prepared in the perimeter over a conductor the 1st coil, and the cross section is formed in the trapezoid configuration. The optical magnetic head characterized by the thing which have the 2nd connection terminal which the slant face containing the slash of a trapezoid configuration and the slant face which contains the slash of the trapezoid configuration of a conductor the 1st coil have countered through an insulator layer, and is electrically connected with the 1st connection terminal at the periphery side, and for which it has the conductor the 2nd coil.

[Claim 7] A lower magnetic film is the optical magnetic head according to claim 6 by which is consisted of the 1st magnetic film and the 2nd magnetic film which are insulated electrically, and the 3rd connection terminal is prepared in the inner circumference side of a coil, the 3rd connection terminal is electrically connected with the 1st magnetic film the 2nd conductor, and the 1st connection terminal and the 2nd connection terminal are electrically connected to the 2nd magnetic film.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] While this invention miniaturizes amelioration of a thin film coil, the magnetic head, and the optical magnetic head, especially a thin film coil, it relates to the thin film coil, the magnetic head, and the optical magnetic head which raise magnetic generating effectiveness.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, narrow-track-izing and low inductance-ization progress and, as for magnetic information record media, such as a hard disk drive unit and optical-magnetic disc equipment, the need of the advantageous thin film magnetic head is extended compared with the bulk magnetic head in respect of the fast transmission rate as densification progresses increasingly. The thin film magnetic head is manufactured using photolithography techniques, such as membrane formation techniques, such as vacuum evaporation equivalent to the manufacture process of a semiconductor integrated circuit, and sputtering, photoengraving process, and etching. For this reason, it excels in mass-production nature, and the highly precise thin film magnetic head can be produced to a package on an object, and it is in use in systems, such as a current hard disk.

[0003] The plan and drawing 20 which show an example of the circumference part of the thin film coil in the conventional thin film magnetic head show the A-A cross section in drawing 19 to drawing 19, and explain the thin film magnetic head 1 to it with reference to drawing 19 and drawing 20. The thin film magnetic head 1 of drawing 19 has a substrate 2, the thin film coil 3, the lower magnetic film 4, the up magnetic film 5, the front gap section 6, and back gap section 7 grade. The lower magnetic film 4 is formed on the substrate 2 of drawing 20, and the thin film coil 3 is formed in the shape of a spiral on the lower magnetic film 4 through the heat-curing film 8 which is an insulator layer.

[0004] The thin film coil 3 is covered with the insulator layer 9 which consists of heat-curing resin etc., and the up magnetic film 5 is formed on the insulator layer 9. The lower magnetic film 4 and the up magnetic film 5 form the front gap section 6 and the back gap section 7. Moreover, the connection terminal 11 is formed in most-inner-circumference side of thin film coil 3 of drawing 19 3a, and the connection terminal 11 is connected to the external terminal 12 through the conductor 10. Edge 3b of the thin film coil 3 and the external terminal 12 are connected to the external power, and a current is supplied from the exterior. If a current is supplied to edge 3b and the external terminal 12 and a current flows in the arrow-head R1 direction in the thin film coil 3, the thin film coil 3 will generate a field and this field will be outputted from the front gap section 6. Information can be recorded / reproduced by this field at a magnetic information record medium.

[0005] Next, with reference to drawing 19 and drawing 20, the manufacture approach of the conventional thin film magnetic head 1 is explained. First, the lower magnetic layer 4 is formed by sputtering etc. to the substrates 2, such as ARUTIKKU of drawing 20 $R > 0$. And patterning of the lower magnetic layer 4 is carried out by the photoresist, and it is processed into a predetermined configuration by etching systems, such as ion mealing equipment. Then, the insulator layers 13, such as an alumina, are formed in up to the lower magnetic layer 4 more thickly than the thickness of the lower magnetic layer 4, and processing of flattening is made by machining. Thereby, the field of the lower magnetic layer 4 and the field of an insulating layer 13 are formed on a substrate 2.

[0006] On this flattening side, as gap film, the insulator layers 14, such as an alumina, are formed by sputtering etc. and the heat-curing film 8 of the photoresist which used novolak resin as the principal component on it is formed. And the thin film coil 3 which consists of coppering etc. is formed in up to the heat-curing film 8, and the insulator layer 9 which consists of heat-curing resin for the electric insulation with the up magnetic layer 5 is formed on this. And in order to form the back gap section 7, it is etched

using etching systems, such as ion mealing equipment, so that the insulator layer 14 currently formed may be exposed.

[0007] Then, the up magnetic film 5 which forms the front gap section 6 and the back gap section 7 on the thin film coil 3 is formed. And the circuit which connects the connection terminal 11 and the external terminal 12 which are the maximum bore edge of the thin film coil 3 of drawing 19, and supplies a current to the thin film coil 3 is completed, and the thin film magnetic head 1 is completed through processing and an assembly stroke.

[0008] On the other hand, the technique of a thin film coil is used also in optical-magnetic disc equipment, and in case record playback of the information is carried out at a magneto-optic disk, the field generated from a thin film coil is used. Here, drawing 21 shows the B-B sectional view in drawing 21 to the structure of the conventional optical magnetic head used for these optical instruments, and drawing 22, respectively, and explains the optical magnetic head 20 to them with reference to drawing 21 and drawing 2222. The optical magnetic head 20 of drawing 2121 has the thin film coil 21, the magnetic film 22, the insulator layer 23, and the heat-curing film 24 grade.

[0009] The magnetic film 22 of drawing 22 is the passage hole 25 where it is formed on the front face of optical lens L, and the magnetic film 22 is not formed in the field through which the light of optical lens L passes. On the magnetic film 22, the thin film coil 21 is formed through the insulator layer 23, and the heat-curing film 24 for corrosion prevention is formed in the upper part of the thin film coil 21. The connection terminal 27 is formed in the most-inner-circumference side of the thin film coil 21 of drawing 21, and the connection terminal 27 is connected to the magnetic film 22. Moreover, the external terminal 26 is connected to the magnetic film 22. If a current is supplied for edge 21a of the thin film coil 21, and the external terminal 26 from the exterior, in the thin film coil 21, a current will flow toward arrow-head R1 direction, a field will occur, and information will be recorded to an optical disk.

[0010] Next, with reference to drawing 21 and drawing 22, the manufacture approach of the conventional optical magnetic head is explained. First, a magnetic film 22 is formed of sputtering etc. on optical lens L of drawing 22. At this time, a magnetic film 22 is made not to be formed in the passage hole 25 of the laser of optical lens L. And the insulator layers 23, such as an alumina, are formed in the magnetic film 22 upper part as an interlayer insulation film, etching processing of the insulator layer 23 of the most-inner-circumference side of the thin film coil 21 is carried out with ion mealing equipment etc., and the connection terminal 25 is connected. The thin film coil 21 which used plating etc. as ingredient is formed on an alumina insulator layer after that, the heat-curing film 24 for corrosion prevention is formed on the thin film coil 21, and the optical magnetic head 20 is completed.

[0011]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, in the magnetic head 1 mentioned above, the area of a thin film coil needs area most, and it has become regulation when performing multi-track-ization accompanying the miniaturization of the magnetic head. In order to reduce current and thin film coil area, research of multilayering of the thin film coil which makes a thin film coil two-layer - 4 layer structure, reduction of the coil pitch which is the coil width of face of a thin film coil, etc. is done. However, there is a limitation on a process in reduction in a coil pitch, and while increasing, there is a problem which is a routing counter that the thickness width of face of a thin film coil will become large in multilayering of a thin film coil.

[0012] That is, although the insulator layer 9 between thin film coils must be formed in order for a coil pitch to make it decrease, there is a problem that there is a limitation in narrowing width of face of this insulator layer 9 also in a lithography technique. Moreover, while in the case of a multilayered film coil lithography must be performed for each class, and a routing counter increases and piling up the layer, the thickness width of face of the thin film coil 1 will also become large. Therefore, in manufacture of the thin film coil 1, a routing counter can manufacture few and an appearance of a thin film coil with a large output with the thin thickness of a thin film coil is desired.

[0013] Moreover, in order to raise the recording density of a magnetic information record medium, high recording density(Hc)-ization of a magnetic information record medium is advanced, and high saturation-magnetic-flux-density(Bs)-ization of a magnetic core is called for by one side. At this time, the annealing treatment in the elevated temperature for stabilizing and crystallizing a magnetic material is needed for using the magnetic material of the nitriding iron system which is general high saturation-magnetic-flux-density material. However, since the insulator layer 9 of the novolak resin system which was being used conventionally cannot bear an elevated temperature, it cannot perform annealing treatment but has the problem that raise in recording density and high saturation-magnetic-flux-density(Bs)-ization cannot be attained.

[0014] Moreover, in the hard disk drive unit, low surfacing-ization of the magnetic head is promoted for the improvement in storage capacity, and the miniaturization is made also for the slider size of the magnetic head in connection with this. Moreover, also in the thin film magnetic head for tape streamers, multichannel-ization of the magnetic head is progressing for high transfer rate implementation, and area of the magnetic head per channel of the magnetic head needs to be miniaturized.

[0015] On the other hand, in the thin film coil 21 used for the optical magnetic head 20, generation of heat from the thin film coil 21 poses a problem. That is, the heat emitted from the thin film coil 21 becomes the cause which destroys propagation and the information currently recorded to the magneto-optic-recording medium linked to optical pickup. Moreover, it will be necessary to become the cause which also causes deterioration of the resist resin used as an insulator layer of a coil, and this will need to be solved by generation of heat. Therefore, the reduction in resistance of the thin film coil 21 and improvement in the thermal conductivity of an insulator layer 23 are called for. However, with the conventional structure, since novolak resin etc. is used as an insulator layer 23, although there is a problem in respect of thermal conductivity and an insulator layer with high thermal conductivity is used, it asks. moreover -- although it is effective to perform low resistance-ization of the thin film child coil 21 in order to prevent generation of heat -- a conductor -- there is a problem that there is a process-limitation in reduction of the winding pitch of 21a, and the increment in the thickness of the thin film coil 21.

[0016] Then, this invention cancels the above-mentioned technical problem, and it is small and aims at offering a thin film coil, the magnetic head, and optical-magnetic disc equipment excellent in generating field effectiveness.

[0017]

[Means for Solving the Problem] In the thin film coil prepared between the lower magnetic layer and the up magnetic layer if the above-mentioned purpose is in this invention it is formed in the shape of a spiral, and has the 1st connection terminal in the inner circumference side -- with a conductor the 1st coil It was prepared in the perimeter almost over the conductor the 1st coil, has countered through a conductor and an insulator layer the 1st coil, and is attained by the thin film coil which has the 2nd connection terminal electrically connected with the 1st connection terminal at the periphery side and which has the conductor the 2nd coil.

[0018] in this invention, a conductor forms in the shape of a spiral the 1st coil -- having -- **** -- this -- a conductor is formed in the shape of a spiral the 2nd coil between conductors the 1st coil, and the 1st coil, a conductor counters [with a conductor] over the perimeter through an insulator layer mostly the 2nd coil, and it is prepared. Moreover, the conductor is electrically connected with the conductor by the 1st connection terminal and the 2nd connection terminal the 2nd coil the 1st coil. Thereby, while being able to raise the coil consistency per unit area of a thin film coil, the miniaturization of a thin film coil and low resistance-ization are realizable.

[0019]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of suitable operation of this invention is explained to a detail based on an accompanying drawing. In addition, since the gestalt of the operation described below is the suitable example of this invention, desirable various limitation is attached technically, but especially the range of this invention is not restricted to these gestalten, as long as there is no publication of the purport which limits this invention in the following explanation.

[0020] It is the outline perspective view showing the gestalt of desirable operation of the magnetic head of this invention, and the magnetic head 30 is explained to drawing 1 in detail with reference to drawing 1 . The magnetic head 30 consists of a slider 35 for rising to surface from a magnetic-recording medium, and maintaining fixed spacing, and a suspension 36, and is joined by adhesion. The thin film magnetic-head component 333 for performing magnetic recording to a magnetic-recording medium is formed in the side face of a slider 35, and the thin film head component 33 consists of a thin film coil 40 and a thin film magnetism core 31. By supplying a record current from the connection terminal 41, a field occurs from the thin film coil 40, and it is recorded on a magnetic information record medium. Moreover, the information recorded on the magnetic information record medium generates induction field to the thin film coil 40, and informational record playback is performed.

[0021] Next, it is the extention mimetic diagram showing the circumference part of the thin film coil [in / in drawing 2 / the magnetic head 30] 40, the sectional view in which drawing 3 shows the C-C cross section of drawing 2 , and the sectional view in which drawing 4 shows the D-D cross section of drawing 2 , and the thin film coil 40 is explained in detail with reference to drawing 2 thru/or drawing 4 . The thin film coil 40 of drawing 3 is formed on the lower magnetic film 43 and the insulator layer 44, like drawing 2 R> 2, only the field A predetermined in the lower magnetic film 43 is formed, and the insulator layer 44 is formed in

other fields. Moreover, the lower magnetic film 43 consists of Sendust which is soft magnetic materials. On the lower magnetic film 43 of drawing 4, the interlayer insulation film 53 which consists of unlimited matter is formed. It is formed with the alumina etc. and this interlayer insulation film 53 has insulated electrically the lower magnetic film 43 and the thin film coil 40 mentioned later.

[0022] the thin film coil 40 of drawing 2 -- the 1st coil -- a conductor 41 and the 2nd coil -- a conductor -- it consists of the 42nd grade. the 1st coil -- a conductor 41 -- the 2nd coil, the conductor 42 is formed in the shape of a spiral, respectively, and the conductor 42 is formed in the perimeter over the conductor 41 the 1st coil the 2nd coil. As shown in drawing 4 R> 4 here, the 1st coil, the cross section of a conductor 41 is formed in trapezoidal shape, and the conductor 42 is formed between conductors 41 the 1st coil the 2nd coil through the insulator layer. The 2nd coil, the conductor 42 is formed in reverse trapezoidal shape, and it is formed so that the oblique side of a conductor 42 may lap with the oblique side of a coil 41 the 2nd coil the 1st conductor. moreover, the insulator layer 54 -- SiO₂ and aluminum 2O₃ etc. -- it is formed with the inorganic material. Thereby, since there is endurance [as opposed to heating at high temperature in an interlayer insulation film 53 and an insulator layer 54], the annealing treatment of the lower magnetic film 43 and the up magnetic film 45 becomes possible, and high saturation-magnetic-flux-density-ization of the magnetic core of the magnetic head 30 can be realized.

[0023] The 2nd coil, the gap film 49 of drawing 4 which becomes the conductor 42 bottom from an inorganic insulator layer is formed, and, as for the gap film 49, the conductor 42 and the up magnetic film 46 are insulated electrically the 2nd coil. The up magnetic film 45 is formed on the gap film 49, and the up magnetic film 45 counters with the lower magnetic film 43, and forms the front gap section 46 and the back gap section 47. In the front gap section 46, the lower magnetic film 43 and the up magnetic film 45 have countered through the gap film 49, and the lower magnetic film 43 and the up magnetic film 46 touch in the back gap section 47. Thereby, the field generated with the thin film coil 40 comes to occur from the front gap section 46.

[0024] drawing 2 -- the 1st coil, edge 41a of a conductor 41 is connected with the connection terminal 34 of drawing 1, and a current is supplied to edge 41a from the exterior. Moreover, connection terminal 41c which is the 1st connection terminal is formed in most-inner-circumference side of conductor 41 41b the 1st coil. And connection terminal 42c which is the 2nd connection terminal is formed in outermost peripheral surface 42a of a conductor 42 the 2nd coil, and connection terminal 41c and connection terminal 42c are connected through the conductor 50. 42d of connection terminals is prepared in most-inner-circumference side of conductor 42 42b the 2nd coil, and 42d of connection terminals is connected with the external terminal 52 through the conductor 51.

[0025] If a current is supplied to a conductor 41 the 1st coil, a current will flow the inside of a conductor 41 toward arrow-head R1 direction the 1st coil. And a current passes along connection terminal 42c through a conductor 50 from connection terminal 41c, and is supplied to a conductor 42 the 2nd coil. The current supplied to a conductor 42 the 2nd coil flows toward arrow-head R1 direction, and is supplied to the external terminal 42 through a conductor 51 from 42d of connection terminals. If a current flows to a conductor 42 the 2nd coil with a conductor 41 the 1st coil, the thin film coil 40 will generate a field and this field will be outputted from the front gap section 46. Information is recorded / reproduced by the magnetic information record medium by this outputted field.

[0026] Next, with reference to drawing 2 thru/or drawing 10, the manufacture approach of a thin film coil is explained in detail. First, as shown in drawing 5 (A), the lower magnetic films 43, such as Sendust which is soft magnetic materials, are formed in the thin film magnetism core 31 currently formed of ARUTIKKU etc. by sputtering etc., and as shown in drawing 5 (B), a photoresist is applied on it. And as shown in drawing 5 (C), a photoresist is formed in a predetermined pattern of the exposure using a photo mask etc., and it etches with ion mealing equipment etc. based on the pattern. Thereby, the lower magnetic film 43 is formed in Field A. Then, flattening processing is performed until it forms the insulator layer 44 which consists of an alumina etc. and the lower magnetic film 43 is exposed on the lower magnetic film 43 with machining, as shown in drawing 5 (D). By this, as shown in drawing 5 (E), the lower magnetic film 43 and an insulating layer 44 will be formed by the front face of a substrate 31.

[0027] And as shown in drawing 6 (A), in order to insulate a conductor 41 with the lower magnetic layer 43 the 1st coil, an interlayer insulation film 53 is formed by sputtering etc. this time -- as an interlayer insulation film 53 -- SiO₂ and aluminum 2O₃ etc. -- an inorganic material is used. And the copper which serves as a conductor 43 the 1st coil is formed by sputtering. Before and after carrying out sputtering of the copper at this time, sputtering is performed for titanium. Titanium is because the adhesion of a conductor 41 can be raised the 1st coil with an interlayer insulation film 53, and the thickness of this titanium is formed so that it may be set to 10nm - 30nm. Then, as a photoresist is applied on a conductor 41 the 1st coil as shown

in drawing 6 (B), and shown in drawing 6 (C), exposure etc. performs vacuum annealing treatment at 170 degrees C - 200 a predetermined pattern, i.e., after exposing so that a conductor 41 may be formed in the shape of a spiral the 1st coil, degrees C, and a resist pattern serves as a trapezoid or semi-sphere mold according to heat deformation. Since the inorganic material is used as an interlayer insulation film 53 at this time, an interlayer insulation film 53 can bear the heat of vacuum annealing treatment.

[0028] Then, as shown in drawing 6 (D), based on a photoresist pattern, etching processing is performed so that the cross-section configuration of a conductor 41 may turn into a trapezoid configuration the 1st coil. At this time, a conductor 41 can be made into a trapezoid configuration the 1st coil by performing anisotropic etching using ion mealing equipment. thereby, as shown in drawing 7 , a conductor forms in the shape of a spiral the 1st coil -- having -- a parenthesis -- some conductors 41 can make it form on the lower magnetic film 43 the 1st coil

[0029] As shown in drawing 8 (A), an insulator layer 54 is formed by sputtering etc. on a conductor 41 the 1st coil. this time -- SiO₂ and aluminum 2O₃ etc. -- the thickness of an insulator layer 54 it is thin from an inorganic material is formed by 1 micrometer. And the copper which serves as a conductor 42 the 2nd coil is formed by sputtering etc. on an insulator layer 54. As mentioned above also at this time, in order to raise contact to a conductor 42 the 2nd coil with an interlayer insulation film 53 and the up magnetic film 45 mentioned later, before and after carrying out sputtering of the copper, sputtering of the titanium is carried out. And as shown in drawing 8 (B), after applying a photoresist from on a conductor 42 the 2nd coil, as shown in drawing 8 (C), patterning of a photoresist is performed so that a conductor 42 may be formed the 2nd coil between the 1st thin film coils 41. Then, if it etches and heat-treats at 200 degrees C - 280 degrees C after crosslinking reaction, it will be formed so that the cross-section configuration of a conductor 42 may turn into a reverse trapezoid configuration the 2nd coil.

[0030] Then, as shown in drawing 8 (E), in order to form of sputtering etc. the gap film 55 shown in drawing 4 and to form the back gap section 47, the gap film 55 is removed by reactive-ion-etching equipment (RIE) etc. Thereby, the front gap section 46 and the back gap section 47 as shown in drawing 9 can be formed. in order [then,] to form the connection terminals 41c, 42c, and 42d, respectively -- SiO₂ and aluminum 2O₃ etc. -- the gap film 55 which consists of an inorganic material is removed by the RIE system. Then, the connection terminals 41c and 42c, and 42d of connection terminals and the external terminal 52 are connected by conductors 50 and 51, respectively, and the thin film coil 40 as shown in drawing 10 is completed.

[0031] thereby -- an interlayer insulation film 53, an insulator layer 54, and the gap film 55 -- respectively -- alike -- SiO₂ and aluminum 2O₃ etc. -- since the inorganic material is used, annealing treatment can be performed at an elevated temperature. Therefore, since the magnetic core of the magnetic head 30 is crystallized by annealing treatment, high flux density-ization can be enabled.

[0032] The gestalt of another operation of this invention is shown in another gestalt drawing 11 thru/or another drawing 16 of operation. The mimetic diagram showing the gestalt of the desirable operation of the optical magnetic head which used the thin film coil of this invention, and drawing 12 are the sectional views showing the E-E cross section of drawing 1111 , and explain the optical magnetic head to drawing 11 in detail with reference to drawing 11 and drawing 12 . The optical magnetic head 100 of drawing 11 R> 1 is formed on optical lens L, and makes information record on the magneto-optic disk heated by the laser outputted from the laser output unit which is not illustrated. The optical magnetic head 100 consists of thin film coil 100a, a magnetic film 110, and insulator layer 111 grade, and the magnetic film 110 and the insulator layer 111 are formed in the front face of optical lens L of drawing 12 . The magnetic film 110 is formed in the shape of a doughnut, and the passage hole L1 where the field of the core of optical lens L lets laser pass is formed. Moreover, the magnetic film 110 of drawing 11 is divided into field 110a and field 110b, and Fields 110a and 110b have insulated it electrically, respectively.

[0033] On the magnetic film 110 of drawing 12 , thin film coil 100a is formed through the interlayer insulation film 112. The thin film coil 100 is formed from the conductor 102 the 2nd coil with the conductor 101 the 1st coil, and is formed in the shape of a spiral, respectively. As shown in drawing 12 here, the 1st coil, the cross section of a conductor 101 is formed in the trapezoid configuration, and the conductor 102 is formed between conductors 101 the 1st coil the 2nd coil through the insulator layer 113. The 2nd coil, the conductor 102 is formed in the reverse trapezoid configuration, and it is formed so that the slant face of a conductor 102 may lap with the slant face of a coil 101 the 2nd coil the 1st conductor.

[0034] The 1st coil, it connects with the external terminal of drawing 11 which edge 101a of a conductor 101 does not illustrate, and a current is supplied to edge 101a from the exterior. Moreover, the connection terminal 103 which is the 1st connection terminal is formed in most-inner-circumference side of conductor 101 101b the 1st coil. And the connection terminal 104 which is the 2nd connection terminal is formed in

outermost peripheral surface 102a of a conductor 102 the 2nd coil, and the connection terminal 103 and the connection terminal 104 are connected through magnetic film 110a. moreover, the connection terminal 105 which is the 3rd connection terminal prepares in most-inner-circumference side of conductor 102 102b the 2nd coil -- having -- **** -- the connection terminal 105 -- a conductor -- it connects with the external terminal 106 through magnetic film 110b. On the thin film coil 100, the insulator layer 113 is formed so that thin film coil 110a may not oxidize.

[0035] drawing 11 -- if a current is supplied to a conductor 101 from edge 101a the 1st coil, a current will flow the inside of a conductor 101 toward arrow-head R1 direction the 1st coil. And a current is supplied to the connection terminal 104 through magnetic film 110a from the connection terminal 103, and is supplied to a conductor 102 the 2nd coil. The current supplied to the conductor 102 the 2nd coil flows toward arrow-head R1 direction, and is supplied to the external terminal 106 through magnetic film 110b from the connection terminal 106. if a conductor 101 is resembled the 2nd coil the 1st coil at a conductor 102 and a current flows, the thin film coil 100 will generate a field. The laser which passes along the passage hole L1 by this field is modulated.

[0036] Next, with reference to drawing 11 thru/or drawing 16, the manufacture approach of the optical magnetic head 100 is explained in detail. First, as shown in drawing 13 (A), a magnetic film 110 is formed in the shape of a doughnut on optical lens L. At this time, a magnetic film 110 is formed so that magnetic film 110a and magnetic film 110b of drawing 11 may not contact. And the insulator layers 111, such as alumina film, are formed by sputtering etc. from on the, and flattening processing is performed until a magnetic film is exposed to a front face with machining. Thereby, a magnetic film 110 and an insulator layer 111 are formed on the front face of optical lens L. Then, an interlayer insulation film 112 is formed of sputtering etc. for the insulation of a magnetic film 110 and thin film coil 100a. And as shown in drawing 14, in order to connect magnetic film 110a with a conductor 101 electrically the 1st coil, etching processing of the insulator layer 112 of the field used as the connection terminals 103, 104, 105, and 106 is carried out, respectively.

[0037] Next, as shown in drawing 13 (B), the copper which forms a conductor 101 the 1st coil on an insulator layer 112 is formed by sputtering. Before and after carrying out sputtering of the copper at this time, sputtering of the titanium is carried out. This is for Ti raising adhesion with an insulator layer 112, and thickness is formed by 10nm - 30nm. An etching mask is produced in the shape of a spiral by the photoresist on a conductor 101 the 1st coil, and ion mealing equipment etc. performs etching processing after that. Thereby, the 1st coil, as the configuration of a conductor 101 turns into a trapezoid configuration and is shown in drawing 15 R> 5, a conductor 101 is formed the 1st coil on optical lens L.

[0038] As shown in drawing 16 (A) after that, an insulator layer 113 is formed of sputtering etc. on a conductor 101 the 1st coil. Here, in order that the connection terminals 103 and 105 of a conductor 102 may contact magnetic layers 110a and 110b the 2nd coil, respectively, the position of the 2nd insulator layer 113 is etched. And as shown in drawing 16 (B), after applying a photoresist on an insulator layer 113, a conductor 102 is formed of sputtering etc. the 2nd coil. At this time, a mask is formed in a photoresist so that a conductor 102 may be formed in between conductors 101 the 2nd coil in the shape of a spiral the 1st coil. As shown in drawing 16 (C) after that, ion mealing equipment etc. performs etching processing and the configuration of a conductor 102 turns into reverse trapezoidal shape the 2nd coil. The insulating layer 114 for antioxidizing is formed on it, and the optical magnetic head 100 is formed.

[0039] According to the gestalt of the above-mentioned implementation, the miniaturization of a thin film coil and low resistance-ization are realizable by raising the coil consistency per unit area of the magnetic head. That is, in the magnetic head, the improvement in recording efficiency and the miniaturization of the magnetic head, and improvement in productivity are attained, and degradation of the open circuit by a thin film coil generating heat in the field modulation magnetic head and a magnetic information record medium can be prevented. Namely, although it is needed for an excess one half of the height of the conductor of a thin film coil as a coil tooth space since an insulator layer embeds and is formed in the structure of the conventional multilayered film coil as shown in drawing 17 (A) The 1st coil, the conductor is a trapezoid configuration the 2nd coil, and a conductor and since the oblique sides counter and they are arranged, the thin film coil in the gestalt of the above-mentioned implementation cannot be concerned with the magnitude or the height of a thin film coil, but can make thickness of an insulator layer regularity. Therefore, the formation consistency of a thin film coil can be raised.

[0040] the coil of a thin film coil since the thin film coil was specifically conventionally formed by plating - the configuration of a conductor is formed like drawing 17 (D). When insulating the thin film coil of this configuration by the inorganic insulator layer, spacing of a thin film coil has the problem which a void (hole) generates in sputtering, when there is about [of the thickness of a conductor] no 1/2. moreover, a coil

-- since spacing of a conductor is restrained by the resist pattern at the time of plating, it has risk of generating problems, like **** and the resist pattern which were used as the pattern 2 micrometers or less fall. On the other hand, in this invention, in order to form in the inclination part of a conductor 41 the 1st coil by making a conductor 41 into a trapezoid configuration the 1st coil rather than embed an insulator layer 54 and to form it in a clearance, generating the defect of an insulator layer is lost. Moreover, the thickness of an insulator layer can determine thin film coil to coil distance. For this reason, membranous thickness can be made thin to 1 micrometer.

[0041] moreover, it is shown in drawing 17 (B) -- as -- the conventional thin film coil -- setting -- a conductor width -- the conductor-side product of 12 micrometers and a thin film coil -- 120micrometer² it is -- as shown in drawing 1717 (C) to a thing, even if it is the magnitude of the same area as the conventional thin film coil according to the structure of the thin film coil of this invention -- a conductor-side product -- about 150 [for example,] -- micrometer² It can carry out. Furthermore, if the cross section of the conductor of the whole thin film coil becomes large, resistance can be inevitably made low. Therefore, conversely, when based on resistance, compared with the conventional thin film coil, area of the thin film coil in the gestalt of the above-mentioned implementation can be made small.

[0042] By the way, this invention is not limited to the gestalt of the above-mentioned implementation. In the gestalt of the 1st operation, although the thin film magnetic head 30 of drawing 1 was explained as what is used for a hard disk drive unit, it can be used also in optical-magnetic disc equipment and a floppy disk drive unit. Furthermore, of course, a video tape etc. is not cared about, even if it carries information in the rotating magnetic head equipment for carrying out record playback. moreover, the gestalt of each above-mentioned implementation -- setting -- the 1st coil -- a conductor -- and although the cross-section configuration of a conductor is a trapezoid configuration the 2nd coil, as shown in drawing 18 , even if it is on the spherical surface, the same effect-ization as the gestalt of each above-mentioned implementation can be obtained.

[0043] moreover, in the gestalt of each above-mentioned implementation, the 1st coil, although a conductor and magnitude [in / the 2nd coil / the cross-section configuration of a conductor] are the same, it forms so that a conductor may be large the 1st coil and a conductor may become small the 2nd coil -- you may have -- moreover -- this -- it may be reverse. further -- the gestalt of each above-mentioned implementation -- setting -- the 1st coil -- a conductor -- and -- although the thin film coil was formed only with the conductor the 2nd coil -- this -- it is applicable also to the conductor and multilayered film coil formed over several layers in the combination of a conductor the 2nd coil the 1st coil. Also in this case, area in which thickness width of face of a thin film coil can be carried out smaller than the conventional multilayered film coil, and a multilayered film coil closes can be made small.

[0044]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, it is small and a thin film coil, the magnetic head, and the optical magnetic head excellent in generating field effectiveness can be offered.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The outline perspective view showing the gestalt of desirable operation of the magnetic head using the thin film coil of this invention.

[Drawing 2] the thin film coil of this invention -- the front view showing the gestalt of desirable operation.

[Drawing 3] The sectional view showing the C-C cross section in drawing 2 .

[Drawing 4] The sectional view showing the D-D cross section in drawing 2 .

[Drawing 5] The mimetic diagram showing an example like the manufacture line of the thin film coil of this invention.

[Drawing 6] The mimetic diagram showing an example like the manufacture line of the thin film coil of this invention.

[Drawing 7] The front view which was produced in the stroke of drawing 6 and in which showing a conductor the 1st coil.

[Drawing 8] The mimetic diagram showing an example like the manufacture line of the thin film coil of this invention.

[Drawing 9] The front view showing signs in drawing 8 that the conductor was formed the 2nd coil.

[Drawing 10] The front view showing the thin film coil completed through the production process of drawing 5 thru/or drawing 9 .

[Drawing 11] The outline front view showing the gestalt of desirable operation of the optical magnetic head of this invention.

[Drawing 12] The sectional view showing the E-E cross section in drawing 11 .

[Drawing 13] The mimetic diagram showing an example of the production process of the optical magnetic head of this invention.

[Drawing 14] The front view showing the magnetic film and connection terminal which were produced in the manufacture process of drawing 13 (A).

[Drawing 15] The front view showing the magnetic film and connection terminal which were produced in the manufacture process of drawing 13 (B).

[Drawing 16] The mimetic diagram showing an example of the production process of the optical magnetic head of this invention.

[Drawing 17] The mimetic diagram which compared the thin film coil of this invention with the conventional thin film coil.

[Drawing 18] the 1st coil in which the gestalt of operation of the 3rd of the thin film coil of this invention is shown -- a conductor and the 2nd coil -- the sectional view of a conductor.

[Drawing 19] The front view showing an example of the thin film coil used for the conventional magnetic head.

[Drawing 20] The sectional view showing the A-A cross section in drawing 19 .

[Drawing 21] The front view showing an example of the thin film coil used for the conventional optical magnetic head.

[Drawing 22] The sectional view showing the B-B cross section in drawing 21 .

[Description of Notations]

30 ... The magnetic head, 40 ... A thin film coil, 41 ... The 1st coil Conductor, 41c ... The 1st connection terminal, 42c ... The 2nd connection terminal, 42 ... The 2nd coil Conductor, 43 ... A lower magnetic film, 54 ... An up magnetic film, 100 ... The optical magnetic head, 101 [... The 2nd connection terminal, 105 / ... The 3rd connection terminal, 110 / ... A magnetic film, 110a / ... The 1st magnetic film, 110b / ... The 2nd magnetic film.] ... It is a conductor and 102 the 1st coil... It is a conductor and 103 the 2nd coil... The 1st connection terminal, 104

[Translation done.]

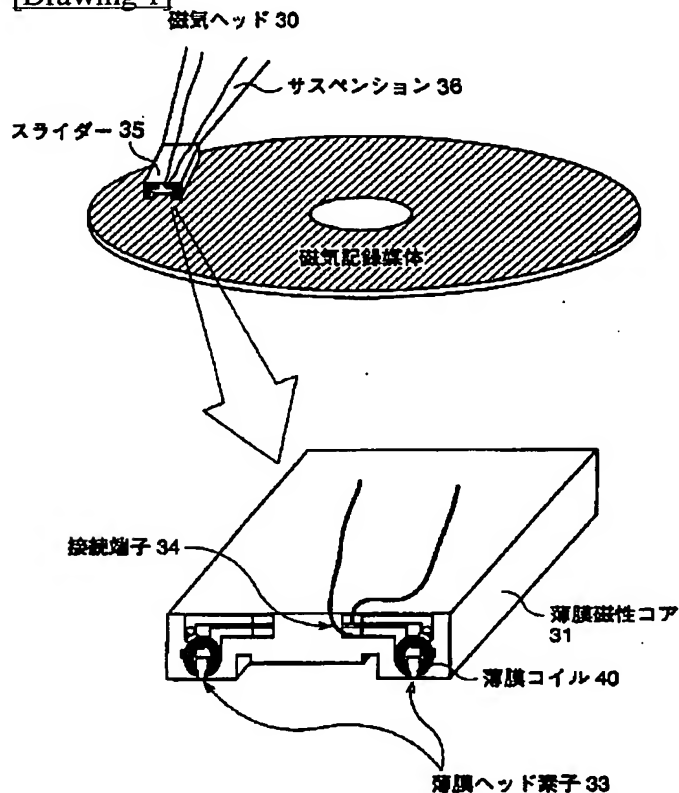
* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

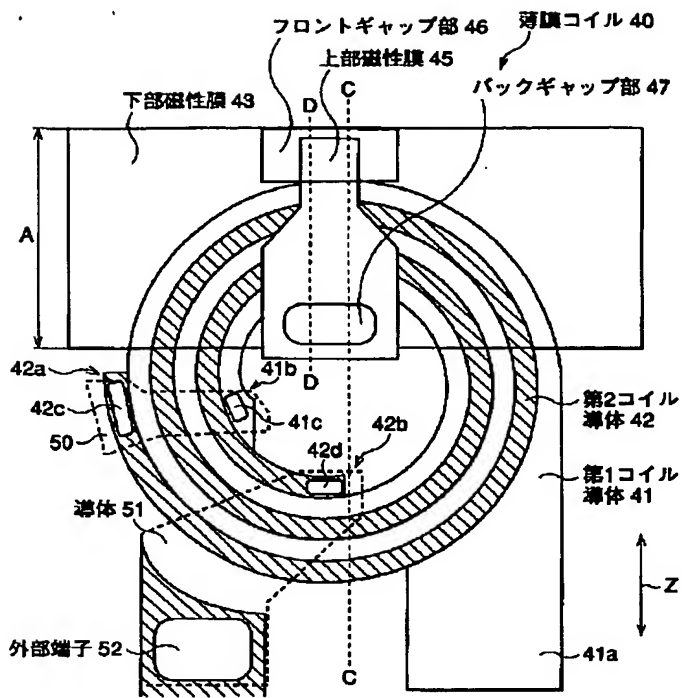
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

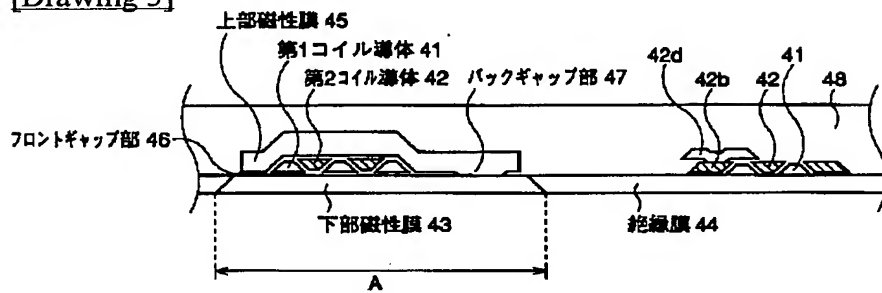
[Drawing 1]



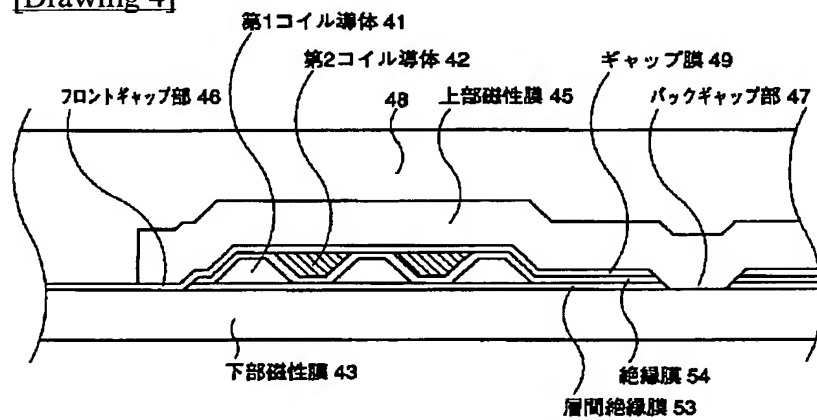
[Drawing 2]



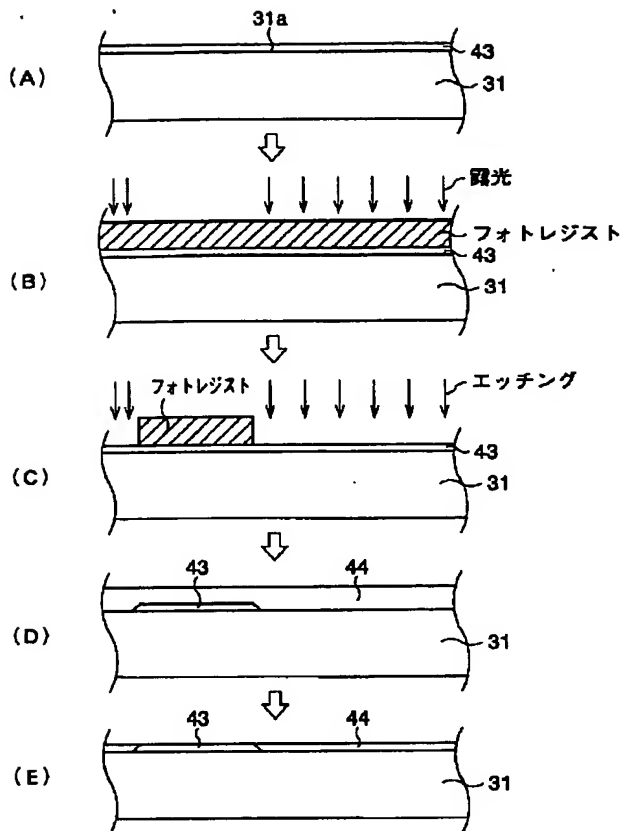
[Drawing 3]



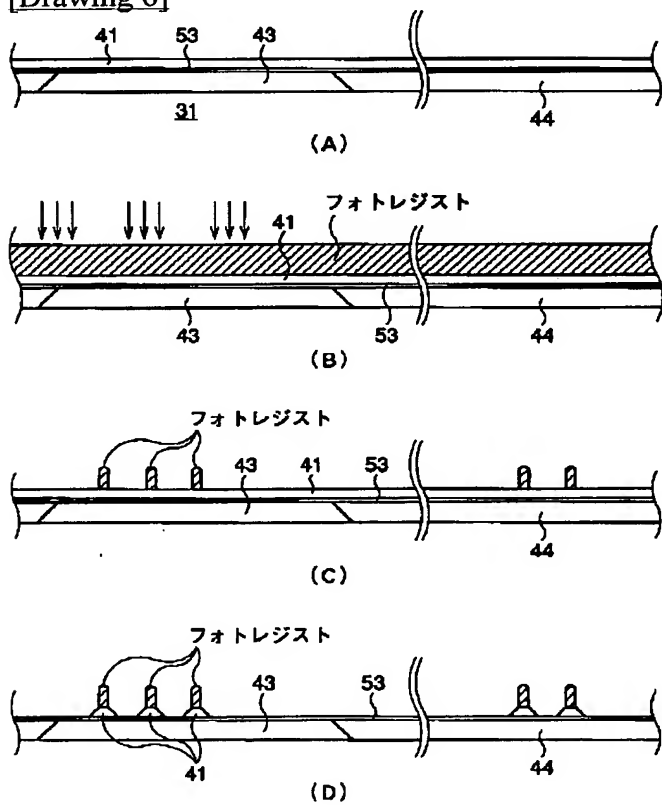
[Drawing 4]



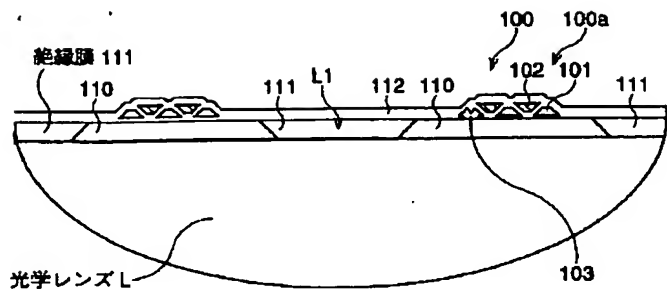
[Drawing 5]



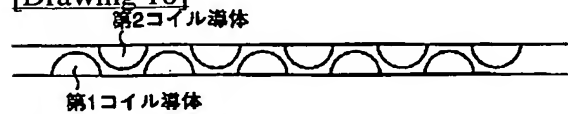
[Drawing 6]



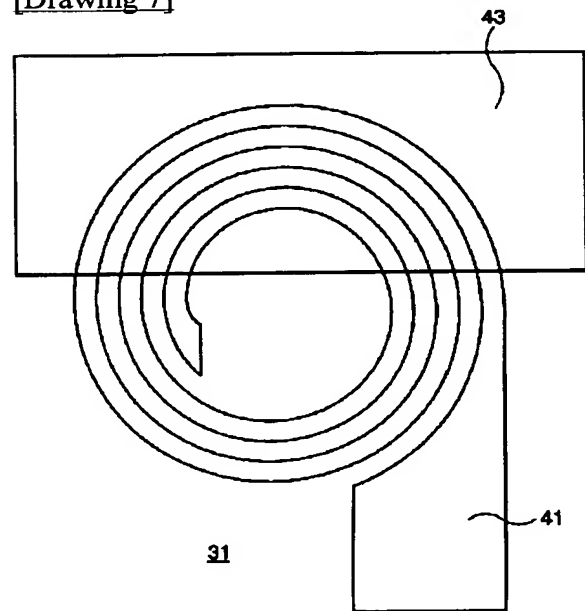
[Drawing 12]



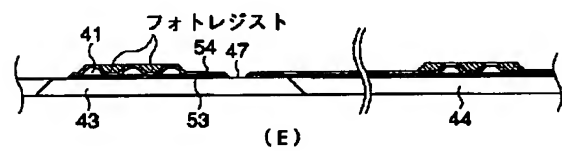
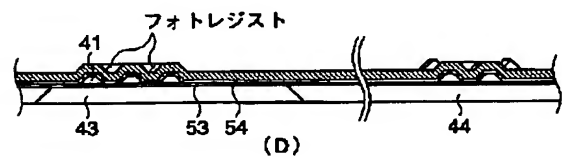
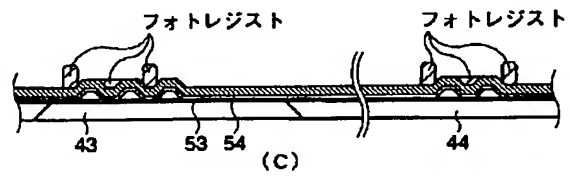
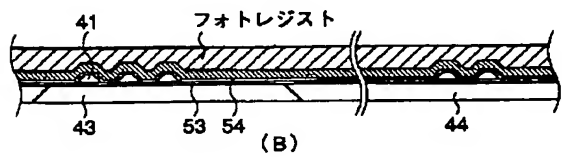
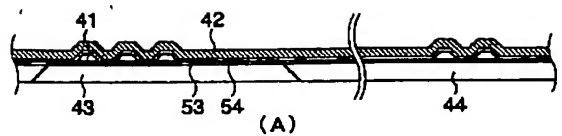
[Drawing 18]



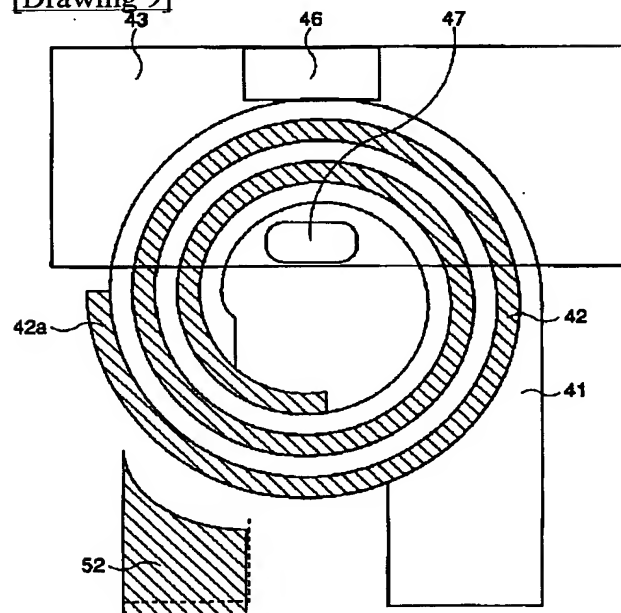
[Drawing 7]



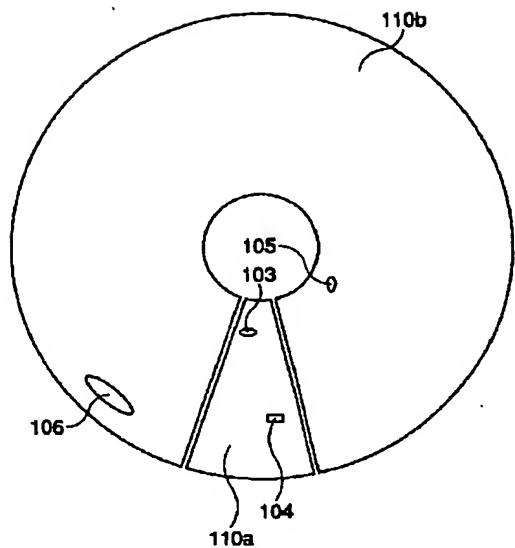
[Drawing 8]



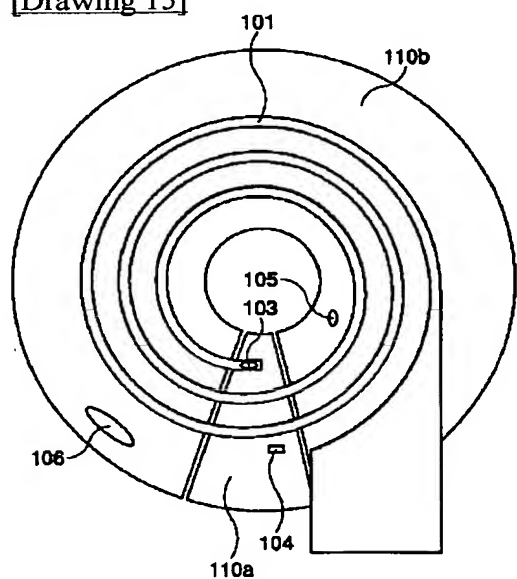
[Drawing 9]



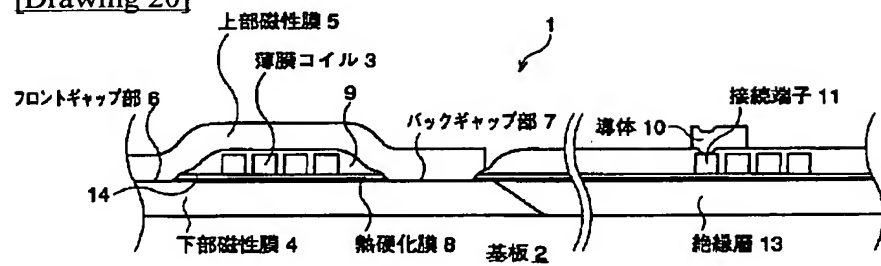
[Drawing 10]



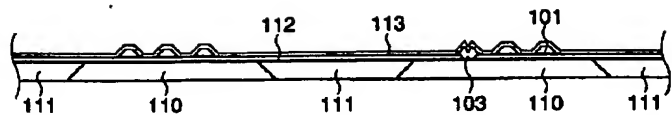
[Drawing 15]



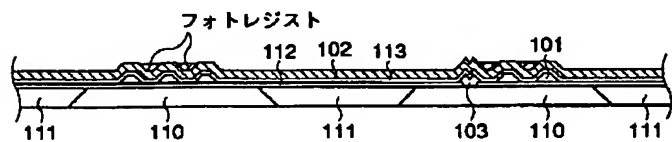
[Drawing 20]



[Drawing 16]



(A)

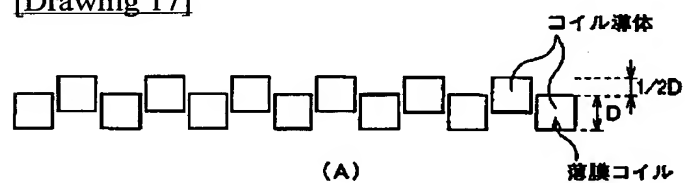


(B)

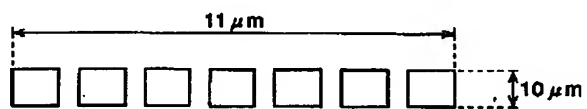


(C)

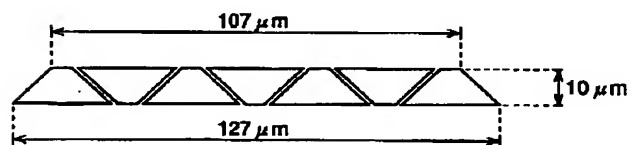
[Drawing 17]



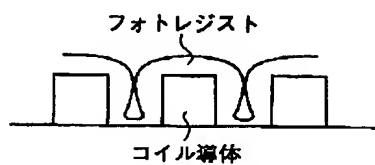
(A)



(B)

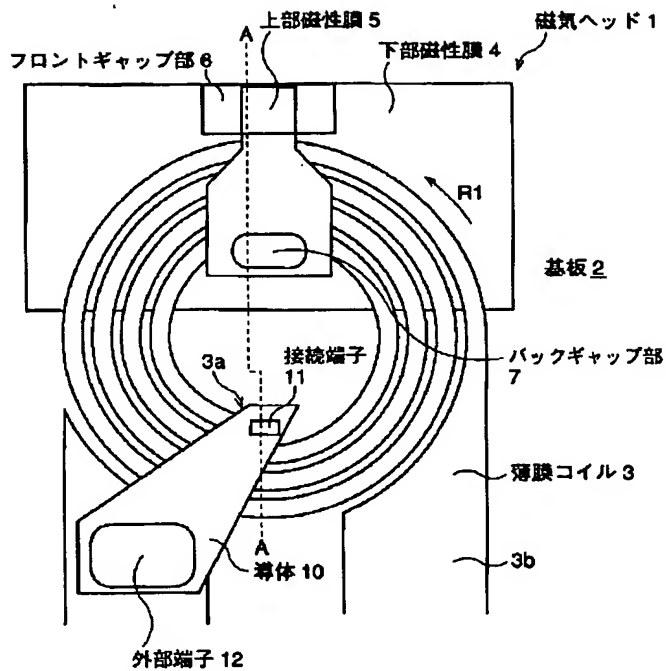


(C)

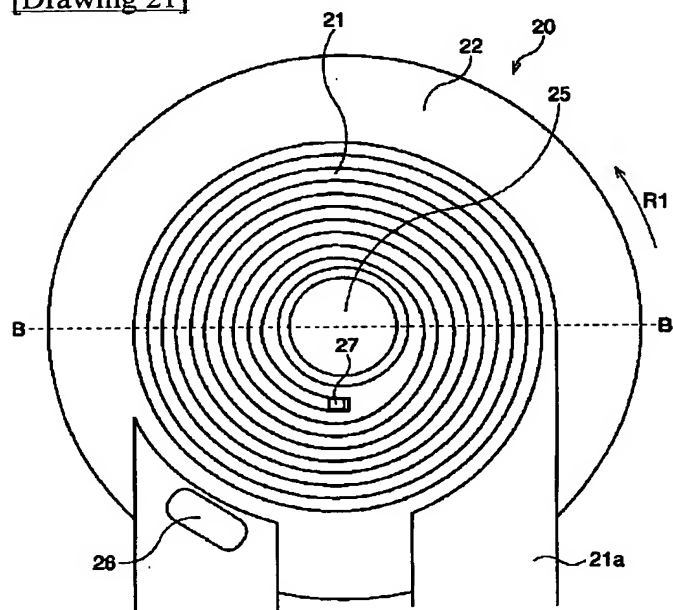


(D)

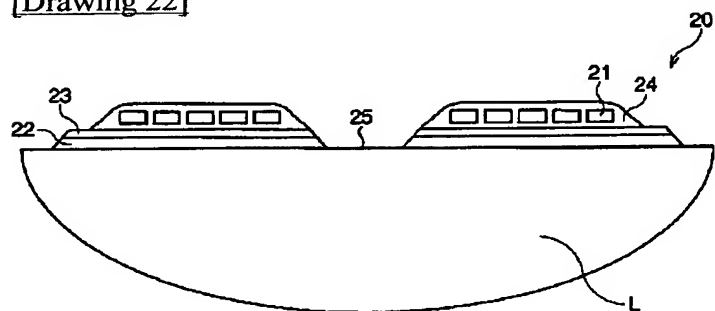
[Drawing 19]



[Drawing 21]



[Drawing 22]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-259813

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月24日

(51) Int.Cl.⁹

識別記号

F I

G 1 1 B 5/31

G 1 1 B 5/31

F

G 0 1 R 33/02

G 0 1 R 33/02

B

G 1 1 B 11/10

5 6 1

G 1 1 B 11/10

5 6 1 A

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号

特願平10-59831

(22) 出願日

平成10年(1998) 3月11日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号

(72) 発明者 大沼 一紀

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニ

ー株式会社内

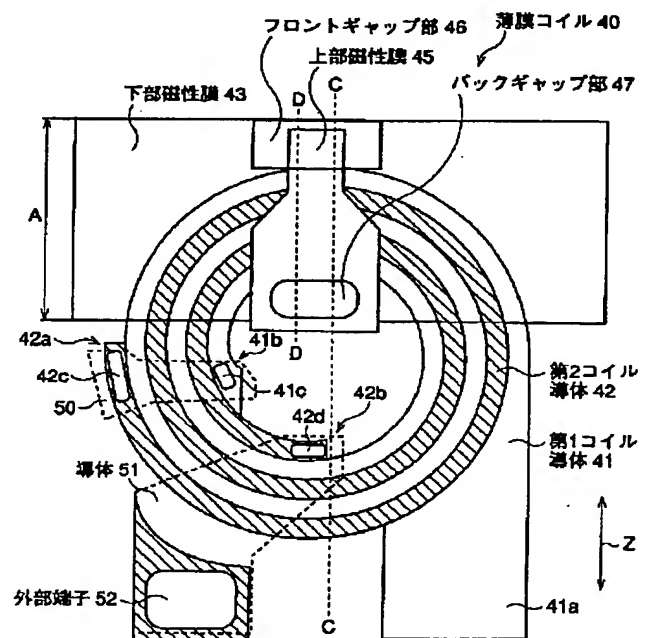
(74) 代理人 弁理士 岡▲崎▼ 信太郎 (外 1 名)

(54) 【発明の名称】 薄膜コイル、磁気ヘッド及び光磁気ヘッド

(57) 【要約】

【課題】 小型で発生磁界効率が優れている薄膜コイル、磁気ヘッド及び光磁気ヘッドを提供することを提供すること。

【解決手段】 下部磁性層 4 3 と上部磁性層 4 5 の間に設けられている薄膜コイル 4 0 において、スパイラル状に形成されており、内周側に第 1 接続端子 4 1 c を有している第 1 コイル導体 4 1 と、第 1 コイル導体 4 1 の間にほぼ全周にわたって設けられ、第 1 コイル導体 4 1 と絶縁膜 5 4 を介して対向しており、外周側に第 1 接続端子 4 1 c と電氣的に接続されている第 2 接続端子 4 2 c を有している第 2 コイル導体 4 2 と、を有している。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 下部磁性層と上部磁性層の間に設けられている薄膜コイルにおいて、スパイラル状に形成されており、内周側に第1接続端子を有している第1コイル導体と、

第1コイル導体の間にほぼ全周にわたって設けられ、第1コイル導体と絶縁膜を介して対向しており、外周側に第1接続端子と電氣的に接続されている第2接続端子を有している第2コイル導体と、を有していることを特徴とする薄膜コイル。

【請求項2】 第1コイル導体及び第2コイル導体の断面は台形状に形成されており、第1コイル導体の斜線を含む斜面と第2コイル導体の斜線を含む斜面とが絶縁膜を介して対向している請求項1に記載の薄膜コイル。

【請求項3】 第1コイル導体及び第2コイル導体の断面は半円状に形成されており、第1コイル導体と第2コイル導体とが絶縁膜を介して対向している請求項1に記載の薄膜コイル。

【請求項4】 第1コイル導体と第2コイル導体を絶縁している絶縁膜は、無機材料により形成されている請求項1に記載の薄膜コイル。

【請求項5】 下部磁性膜と上部磁性膜に挟まれている薄膜コイルを有しており、薄膜コイルから発生する磁界により、磁気情報記録媒体に情報を記録／再生する磁気ヘッドにおいて、

薄膜コイルは、

スパイラル状に設けられ断面が台形状に形成されており、内周側に第1接続端子を有している第1コイル導体と、

第1コイル導体の間に全周にわたって設けられ、断面が台形状に形成されており、台形状の斜線を含む斜面と第1コイル導体の台形状の斜線を含む斜面とが絶縁膜を介して対向しており、外周側に第1接続端子と電氣的に接続されている第2接続端子を有している第2コイル導体と、

を備えていることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項6】 下部磁性膜の上に薄膜コイルを有しており、薄膜コイルから発生する磁界を変調させて、レーザ光により加熱されている光磁気情報記録媒体に情報を記録する光磁気ヘッドにおいて、

薄膜コイルは、

スパイラル状に設けられ断面が台形状に形成されており、内周側に第1接続端子を有している第1コイル導体と、

第1コイル導体の間に全周にわたって設けられ、断面が台形状に形成されており、台形状の斜線を含む斜面と第1コイル導体の台形状の斜線を含む斜面とが絶縁膜を介して対向しており、外周側に第1接続端子と電氣的に接続されている第2接続端子を有している第2コイル導体と、

を備えていることを特徴とする光磁気ヘッド。

【請求項7】 下部磁性膜は電氣的に絶縁されている第1磁性膜と第2磁性膜とからなっており、第2導体コイルの内周側には第3接続端子が設けられていて、第3接続端子は第1磁性膜と電氣的に接続されており、第1接続端子と第2接続端子が第2磁性膜に電氣的に接続されている請求項6に記載の光磁気ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、薄膜コイル、磁気ヘッド及び光磁気ヘッドの改良、特に薄膜コイルを小型化すると同時に磁性発生効率を高める薄膜コイル、磁気ヘッド及び光磁気ヘッドに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、ハードディスク装置、光磁気ディスク装置等の磁気情報記録媒体は益々高密度化が進むにつれて、狭トラック化、低インダクタンス化が進み、高速転送速度の点でバルク磁気ヘッドに比べて有利な薄膜磁気ヘッドの需要が伸びている。薄膜磁気ヘッドは、半導体集積回路の製造過程と同等の蒸着、スパッタリング等の成膜技術、写真製版、エッチング等のフォトリソグラフィ技術を用いて製造される。このため、量産性に優れかつ高精度な薄膜磁気ヘッドを対象物上に一括に生産でき、現在ハードディスク等のシステムにおいて主流となっている。

【0003】 図19には従来の薄膜磁気ヘッドにおける薄膜コイルの周辺部位の一例を示す上面図、図20は図19におけるA-A断面を示しており、図19と図20を参照して薄膜磁気ヘッド1について説明する。図19の薄膜磁気ヘッド1は基板2、薄膜コイル3、下部磁性膜4、上部磁性膜5、フロントギャップ部6、バックギャップ部7等を有している。図20の基板2の上には下部磁性膜4が形成されており、下部磁性膜4の上には、絶縁膜である熱硬化膜8を介して薄膜コイル3がスパイラル状に形成されている。

【0004】 薄膜コイル3は熱硬化樹脂等からなる絶縁膜9により覆われており、絶縁膜9の上には上部磁性膜5が形成されている。下部磁性膜4と上部磁性膜5はフロントギャップ部6とバックギャップ部7を形成している。また、図19の薄膜コイル3の最内周側3aには接続端子11が設けられており、接続端子11は導体10を介して外部端子12に接続されている。薄膜コイル3の端部3bと外部端子12は外部電源に接続されており、外部からは電流が供給される。端部3bと外部端子12に電流が供給され薄膜コイル3に電流が矢印R1方向に流れると、薄膜コイル3は磁界を発生し、この磁界がフロントギャップ部6から出力される。この磁界により磁気情報記録媒体に情報を記録／再生することができる。

【0005】 次に図19と図20を参照して従来の薄膜

磁気ヘッド1の製造方法について説明する。まず、図20のアルティック等の基板2へ下部磁性層4がスパッタリング等により成膜される。そして下部磁性層4はフォトリソストによりパターンニングされ、イオンミリング装置等のエッチング装置により所定の形状に加工される。その後、下部磁性層4上へアルミナ等の絶縁膜13が下部磁性層4の膜厚より厚く形成され、機械加工により平坦化の処理がなされる。これにより、基板2の上に下部磁性層4の領域と絶縁層13の領域が形成される。

【0006】この平坦化面上にギャップ膜としてアルミナ等の絶縁膜14がスパッタリング等により成膜され、その上にノボラック樹脂を主成分としたフォトリソストの熱硬化膜8が形成される。そして熱硬化膜8上へ銅メッキ等からなる薄膜コイル3が形成され、この上に上部磁性層5との電氣的絶縁のための熱硬化樹脂からなる絶縁膜9が形成される。そして、バックギャップ部7を形成するため、成膜されている絶縁膜14が露出するようにイオンミリング装置等のエッチング装置を用いてエッチングされる。

【0007】その後、薄膜コイル3の上にフロントギャップ部6とバックギャップ部7を形成する上部磁性膜5を成膜する。そして、図19の薄膜コイル3の最内径端である接続端子11と外部端子12を接続し薄膜コイル3へ電流を供給する回路が完成し、加工、組立行程を経て薄膜磁気ヘッド1が完成する。

【0008】一方、光磁気ディスク装置においても薄膜コイルの技術が用いられており、光磁気ディスクに情報を記録再生する際に薄膜コイルから発生される磁界が用いられている。ここで、図21はこれら光学機器に用いられる従来の光磁気ヘッドの構造、図22には図21におけるB-B断面図をそれぞれ示しており、図21と図22を参照して光磁気ヘッド20について説明する。図21の光磁気ヘッド20は薄膜コイル21、磁性膜22、絶縁膜23、熱硬化膜24等を有している。

【0009】図22の磁性膜22は光学レンズLの表面上に形成されていて、光学レンズLの光が通過する領域には磁性膜22が形成されていない通過穴25になっている。磁性膜22の上には絶縁膜23を介して薄膜コイル21が形成されており、薄膜コイル21の上部には腐食防止のための熱硬化膜24が形成されている。図21の薄膜コイル21の最内周側には接続端子27が設けられており、接続端子27は磁性膜22に接続されている。また、磁性膜22には外部端子26が接続されている。薄膜コイル21の端部21aと外部端子26が外部から電流が供給されると、薄膜コイル21内には矢印R1方向に向かって電流が流れ、磁界が発生し、光ディスクに対して情報の記録を行う。

【0010】次に、図21と図22を参照して従来の光磁気ヘッドの製造方法について説明する。まず、図22の光学レンズL上にスパッタリング等により磁性膜22

が形成される。このとき、光学レンズLのレーザの通過穴25には磁性膜22が形成されないようにする。そして、磁性膜22上部へは層間絶縁膜としてアルミナ等の絶縁膜23が形成され、薄膜コイル21の最内周面の絶縁膜23をイオンミリング装置等によりエッチング加工し、接続端子25を接続させる。その後アルミナ絶縁膜の上にメッキ等を材料とした薄膜コイル21が形成され、薄膜コイル21の上に腐食防止のための熱硬化膜24が形成され、光磁気ヘッド20が完成する。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した磁気ヘッド1において、最も面積を必要とするのが薄膜コイルの面積であり、磁気ヘッドの小型化に伴うマルチトラック化を行う上での規制となっている。現在、薄膜コイル面積を縮小するために、薄膜コイルを2層～4層構造とする薄膜コイルの多層化や、薄膜コイルの巻線幅であるコイルピッチの減少等の研究が行われている。しかしコイルピッチの減少にはプロセス上の限界があり、薄膜コイルの多層化には工程数の増大するとともに、薄膜コイルの厚み幅が大きくなってしまいうという問題がある。

【0012】すなわち、コイルピッチの減少させるためには、薄膜コイル間の絶縁膜9を形成しなければならないが、この絶縁膜9の幅を狭くするにはリソグラフィ技術においても限界があるという問題がある。また、多層薄膜コイルの場合、各層ごとにリソグラフィを行わなければならない、工程数が増大するとともに、層を重ねていくとともに、薄膜コイル1の厚み幅も大きくなってしまいう。よって、薄膜コイル1の製造において、工程数が少なく製造でき、かつ薄膜コイルの厚さが薄い、出力が大きい薄膜コイルの出現が望まれている。

【0013】また、磁気情報記録媒体の記録密度を向上させるため、磁気情報記録媒体の高記録密度(Hc)化が進められており、一方で磁性コアの高飽和磁束密度(Bs)化が求められている。このとき、一般的な高飽和磁束密度材である窒化鉄系の磁性材料を使用するには磁性材料を安定化、結晶化させるための高温でのアニール処理が必要となる。しかし、従来使用していたノボラック樹脂系の絶縁膜9は高温に耐えることができないため、アニール処理を行うことができず、高記録密度化、高飽和磁束密度(Bs)化を図ることができないという問題がある。

【0014】また、ハードディスク装置において、記録容量向上のため磁気ヘッドの低浮上化が推進され、これに伴い磁気ヘッドのスライダサイズも小型化がなされている。また、テープストリーマ用の薄膜磁気ヘッドにおいても高転送速度実現のため磁気ヘッドのマルチチャンネル化が進んでおり、磁気ヘッドの1チャンネル当たりの磁気ヘッドの面積は小型化をする必要が生じてきている。

【0015】一方、光磁気ヘッド20に用いられる薄膜コイル21においては、薄膜コイル21からの発熱が問題となっている。すなわち、薄膜コイル21から発せられた熱は光学ピックアップと接続した光磁気記録媒体へと伝わり、記録されている情報を破壊する原因となる。また、発熱により、コイルの絶縁膜として用いられるレジスト樹脂の変質をも引き起こす原因となってしまう、これを解決する必要が生じている。よって、薄膜コイル21の低抵抗化、絶縁膜23の熱伝導率の向上が求められている。しかし、従来の構造ではノボラック樹脂等を絶縁膜23として使用していることから熱伝導率の点で問題があり、熱伝導率の高い絶縁膜を使用するが求められている。また、発熱を防止するためには薄膜子コイル21の低抵抗化を行うことが有効であるが、導体21aの巻線ピッチの減少、薄膜コイル21の厚さの増加にはプロセス的な限界があるという問題がある。

【0016】そこで本発明は上記課題を解消し、小型で発生磁界効率が優れている薄膜コイル、磁気ヘッド及び光磁気ディスク装置を提供することを目的としている。

【0017】

【課題を解決するための手段】上記目的は、本発明にあつては、下部磁性層と上部磁性層の間に設けられている薄膜コイルにおいて、スパイラル状に形成されており、内周側に第1接続端子を有している第1コイル導体と、第1コイル導体の間にほぼ全周にわたって設けられ、第1コイル導体と絶縁膜を介して対向しており、外周側に第1接続端子と電気的に接続されている第2接続端子を有している第2コイル導体と、を有している薄膜コイルにより、達成される。

【0018】本発明では、第1コイル導体がスパイラル状に形成されており、この第1コイル導体の間に第2コイル導体がスパイラル状に形成され、第1コイル導体と第2コイル導体とが絶縁膜を介してほぼ全周にわたって対向して設けられている。また第1コイル導体と第2コイル導体とは第1接続端子及び第2接続端子により電気的に接続されている。これにより、薄膜コイルの単位面積当たりのコイル密度を向上させることができるとともに、薄膜コイルの小型化、低抵抗化を実現することができる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適な実施の形態を添付図面に基づいて詳細に説明する。なお、以下に述べる実施の形態は、本発明の好適な具体例であるから、技術的に好ましい種々の限定が付されているが、本発明の範囲は、以下の説明において特に本発明を限定する旨の記載がない限り、これらの形態に限られるものではない。

【0020】図1には本発明の磁気ヘッドの好ましい実施の形態を示す概略斜視図であり、図1を参照して磁気ヘッド30について詳しく説明する。磁気ヘッド30

は、磁気記録媒体から浮上して一定間隔を保つためのスライダ35とサスペンション36とからなっており、接着により接合されている。スライダ35の側面には磁気記録媒体へ磁気記録を行うための薄膜磁気ヘッド素子333が形成されており、薄膜ヘッド素子33は薄膜コイル40及び薄膜磁性コア31からなっている。接続端子41から記録電流が供給されることにより、薄膜コイル40から磁界が発生し、磁気情報記録媒体へ記録される。また、磁気情報記録媒体へ記録された情報は薄膜コイル40へ誘導磁界を発生し情報の記録再生が行われる。

【0021】次に、図2は磁気ヘッド30における薄膜コイル40の周辺部位を示す拡大模式図、図3は図2のC-C断面を示す断面図、図4は図2のD-D断面を示す断面図であり、図2乃至図4を参照して薄膜コイル40について詳しく説明する。図3の薄膜コイル40は下部磁性膜43と絶縁膜44の上に形成されており、図2のように下部磁性膜43は所定の領域Aのみ形成されており、その他の領域には絶縁膜44が形成されている。また、下部磁性膜43は軟磁性材料であるセンダスト等からなっている。図4の下部磁性膜43の上には無期物質からなる層間絶縁膜53が形成されている。この層間絶縁膜53は例えばアルミナ等により形成されており、下部磁性膜43と後述する薄膜コイル40とを電気的に絶縁している。

【0022】図2の薄膜コイル40は第1コイル導体41、第2コイル導体42等からなっている。第1コイル導体41、第2コイル導体42はそれぞれスパイラル状に形成されており、第2コイル導体42は第1コイル導体41の間に全周にわたって形成されている。ここで図4に示すように、第1コイル導体41の断面は台形状に形成されており、絶縁膜を介して第2コイル導体42が第1コイル導体41の間に形成されている。第2コイル導体42は逆台形状に形成されており、第1導体コイル41の斜辺と第2コイル導体42の斜辺が重なるように形成されている。また、絶縁膜54はSiO₂、Al₂O₃等の無機材料により形成されている。これにより、層間絶縁膜53、絶縁膜54が高温加熱に対する耐久性があるため、下部磁性膜43及び上部磁性膜45のアニール処理が可能となり、磁気ヘッド30の磁性コアの高飽和磁束密度化を実現することができる。

【0023】図4の第2コイル導体42の上側には無機絶縁膜からなるギャップ膜49が形成されており、ギャップ膜49は第2コイル導体42と上部磁性膜46とを電気的に絶縁している。ギャップ膜49の上に上部磁性膜45が成膜されており、上部磁性膜45は下部磁性膜43と対向してフロントギャップ部46とバックギャップ部47を形成している。フロントギャップ部46において下部磁性膜43と上部磁性膜45とはギャップ膜49を介して対向しており、バックギャップ部47におい

ては下部磁性膜43と上部磁性膜46とが接触している。これにより、薄膜コイル40で発生した磁界がフロントギャップ部46から発生するようになる。

【0024】図2の第1コイル導体41の端部41aは図1の接続端子34と接続されていて、端部41aには外部から電流が供給される。また、第1コイル導体41の最内周側41bには第1接続端子である接続端子41cが形成されている。そして、第2コイル導体42の最外周面42aには第2接続端子である接続端子42cが形成されており、接続端子41cと接続端子42cは導体50を介して接続されている。第2コイル導体42の最内周側42bには接続端子42dが設けられていて、接続端子42dは導体51を介して外部端子52と接続されている。

【0025】第1コイル導体41に電流が供給されると、電流が第1コイル導体41内を矢印R1方向に向かって流れる。そして電流は接続端子41cから導体50を介して接続端子42cを通過して、第2コイル導体42に供給される。第2コイル導体42に供給される電流は矢印R1方向に向かって流れ、接続端子42dから導体51を介して外部端子52に供給される。第1コイル導体41と第2コイル導体42に電流が流れると、薄膜コイル40は磁界を発生し、この磁界がフロントギャップ部46から出力される。この出力された磁界により磁気情報記録媒体に情報が記録／再生される。

【0026】次に図2乃至図10を参照して、薄膜コイルの製造方法について詳しく説明する。まず、図5

(A)に示すようにアルティック等により形成されている薄膜磁性コア31へ軟磁性材料であるセンダスト等の

下部磁性膜43をスパッタリング等により形成し、図5

(B)に示すように、その上にフォトレジストを塗布する。そして図5(C)に示すように、フォトマスク等を用いた露光によりフォトレジストが所定のパターンに形成され、そのパターンに基づいてイオンミリング装置等によりエッチングを行う。これにより領域Aにのみ下部磁性膜43が形成される。その後、図5(D)に示すように、下部磁性膜43上にアルミナ等からなる絶縁膜44を成膜し、機械加工により下部磁性膜43が露出するまで平坦化加工を行う。これにより、図5(E)に示すように、基板31の表面に下部磁性膜43と絶縁層44とが成膜されることになる。

【0027】そして、図6(A)に示すように、下部磁性層43と第1コイル導体41を絶縁するため、層間絶縁膜53をスパッタリング等により成膜する。このとき、層間絶縁膜53としてSiO₂、Al₂O₃等の無機材料が用いられる。そして、第1コイル導体43となる銅等をスパッタリングにより形成する。このとき銅がスパッタリングされる前後に、チタンをスパッタリングを行う。チタンは層間絶縁膜53と第1コイル導体41の密着性を向上させることができるためであり、このチ

タンの厚みはたとえば10nm～30nmになるように成膜される。その後、図6(B)に示すように、第1コイル導体41上にフォトレジストを塗布し、図6(C)に示すように、露光等により所定のパターン、すなわち第1コイル導体41がスパイラル状に形成されるように露光した後、例えば170℃～200℃で真空アニール処理を行い、レジストパターンが熱変形により台形又は半球型となる。このとき、層間絶縁膜53として無機材料が用いられているので、層間絶縁膜53は真空アニール処理の熱に耐えることができる。

【0028】その後、図6(D)に示すように、第1コイル導体41の断面形状が台形形状となるように、フォトレジストパターンに基づいてエッチング加工が行われる。このとき、イオンミリング装置を用いて、異方性エッチングを行うことにより、第1コイル導体41を台形形状にすることができる。これにより、図7に示すように第1コイル導体がスパイラル状に形成され、かつこの第1コイル導体41の一部が下部磁性膜43の上に形成させることができる。

【0029】図8(A)に示すように、第1コイル導体41上に絶縁膜54をスパッタリング等により形成する。このときSiO₂、Al₂O₃等の無機材料からなる絶縁膜54の厚さは例えば1μmで形成される。そして、絶縁膜54の上に、第2コイル導体42となる銅をスパッタリング等で形成する。このときも上述したように層間絶縁膜53及び後述する上部磁性膜45と第2コイル導体42との接触を向上させるために、銅をスパッタリングする前後にチタンがスパッタリングされる。そして、図8(B)に示すように、第2コイル導体42の上からフォトレジストを塗布した後、図8(C)に示すように、第1薄膜コイル41の間に第2コイル導体42が形成されるようにフォトレジストのパターニングを行う。その後、エッチングを行い、架橋反応後200℃～280℃にて熱処理すると、第2コイル導体42の断面形状が逆台形形状となるように形成される。

【0030】その後、図4に示すギャップ膜55がスパッタリング等により形成され、図8(E)に示すように、バックギャップ部47を形成するためにギャップ膜55がリアクティブイオンエッチング装置(RIE)等により除去される。これにより、図9に示すようなフロントギャップ部46及びバックギャップ部47を形成することができる。その後、接続端子41c、42c、42dをそれぞれ形成するため、SiO₂、Al₂O₃等の無機材料からなるギャップ膜55がRIE装置により除去される。その後、接続端子41cと42c、接続端子42dと外部端子52が導体50、51によりそれぞれ接続され、図10に示すような薄膜コイル40が完成する。

【0031】これにより、層間絶縁膜53、絶縁膜54、ギャップ膜55のそれぞれにSiO₂、Al₂O₃

等の無機材料が用いられているので、高温でアニール処理を行うことができる。よって、磁気ヘッド30の磁気コアがアニール処理により結晶化されるため、高磁束密度化を可能にすることができる。

【0032】別の実施の形態

図11乃至図16には、本発明の別の実施の形態を示している。図11には本発明の薄膜コイルを用いた光磁気ヘッドの好ましい実施の形態を示す模式図、図12は図11のE-E断面を示す断面図であり、図11と図12を参照して光磁気ヘッドについて詳しく説明する。図11の光磁気ヘッド100は光学レンズL上に設けられており、図示しないレーザ出力装置から出力されるレーザにより加熱された光磁気ディスクに情報を記録させるものである。光磁気ヘッド100は薄膜コイル100a、磁性膜110、絶縁膜111等からなっており、図12の光学レンズLの表面には磁性膜110と絶縁膜111が形成されている。磁性膜110はドーナツ状に形成されており、光学レンズLの中心の領域はレーザを通す通過穴L1が形成されている。また、図11の磁性膜110は領域110aと領域110bに分かれており、領域110aと110bはそれぞれ電氣的に絶縁している。

【0033】図12の磁性膜110の上には層間絶縁膜112を介して薄膜コイル100aが形成されている。薄膜コイル100は第1コイル導体101と第2コイル導体102から形成されており、それぞれスパイラル状に形成されている。ここで図12に示すように、第1コイル導体101の断面は台形形状に形成されており、絶縁膜113を介して第2コイル導体102が第1コイル導体101の間に形成されている。第2コイル導体102は逆台形形状に形成されており、第1導体コイル101の斜面と第2コイル導体102の斜面とが重なるように形成されている。

【0034】図11の第1コイル導体101の端部101aは図示しない外部端子と接続されていて、端部101aには外部から電流が供給される。また、第1コイル導体101の最内周側101bには第1接続端子である接続端子103が形成されている。そして、第2コイル導体102の最外周面102aには第2接続端子である接続端子104が形成されており、接続端子103と接続端子104は磁性膜110aを介して接続されている。また、第2コイル導体102の最内周側102bには第3接続端子である接続端子105が設けられていて、接続端子105は導体磁性膜110bを介して外部端子106と接続されている。薄膜コイル100の上には薄膜コイル110aが酸化しないように絶縁膜113が形成されている。

【0035】図11の第1コイル導体101に端部101aから電流が供給されると、電流が第1コイル導体101内を矢印R1方向に向かって流れる。そして電流は接続端子103から磁性膜110aを介して接続端子1

04に供給され、第2コイル導体102に供給される。第2コイル導体102に供給された電流は矢印R1方向に向かって流れ、接続端子106から磁性膜110bを介して外部端子106に供給される。第1コイル導体101と第2コイル導体102に電流が流れると、薄膜コイル100は磁界を発生する。この磁界により通過穴L1を通るレーザが変調される。

【0036】次に、図11乃至図16を参照して、光磁気ヘッド100の製造方法について詳しく説明する。まず、図13(A)に示すように、光学レンズLの上に磁性膜110がドーナツ状に形成される。このとき磁性膜110は図11の磁性膜110aと磁性膜110bとが接触しないように形成される。そして、その上からアルミナ膜等の絶縁膜111をスパッタリング等により形成し、機械加工により磁性膜が表面に露出するまで平坦化加工を行う。これにより、光学レンズLの表面上に磁性膜110と絶縁膜111が形成される。その後、磁性膜110と薄膜コイル100aの絶縁のため、層間絶縁膜112がスパッタリング等により形成される。そして図14に示すように、第1コイル導体101と磁性膜110aを電氣的に接続するため、接続端子103、104、105、106となる領域の絶縁膜112がそれぞれエッチング加工される。

【0037】次に図13(B)に示すように、絶縁膜112の上に第1コイル導体101を形成する銅をスパッタリングにより形成する。このとき銅をスパッタリングする前後にチタンがスパッタリングされる。これはTiは絶縁膜112との密着性を向上させるためであり、厚みは例えば10nm~30nmに成膜される。第1コイル導体101上にフォトレジストによりスパイラル状にエッチングマスクを作製し、その後イオンミリング装置等によりエッチング加工を行う。これにより、第1コイル導体101の形状は台形形状となるようにして図15に示すように、光学レンズL上に第1コイル導体101が形成される。

【0038】その後図16(A)に示すように、第1コイル導体101の上に絶縁膜113がスパッタリング等により形成される。ここで、第2コイル導体102の接続端子103、105が磁性層110a、110bとそれぞれ接触するために、第2絶縁膜113の所定の位置がエッチングされる。そして図16(B)に示すように、絶縁膜113の上にフォトレジストを塗布した後、第2コイル導体102がスパッタリング等により形成される。このとき、第1コイル導体101間へスパイラル状に第2コイル導体102が形成されるように、フォトレジストにマスクが形成される。その後図16(C)に示すように、イオンミリング装置等によりエッチング加工を行い、第2コイル導体102の形状は逆台形形状となる。その上に酸化防止のための絶縁層114が形成され、光磁気ヘッド100が形成される。

【0039】上記実施の形態によると、磁気ヘッドの単位面積当たりのコイル密度を向上させることで薄膜コイルの小型化、低抵抗化を実現することができる。すなわち、磁気ヘッドにおいては記録効率の向上及び磁気ヘッドの小型化、生産性の向上が可能となり、磁界変調磁気ヘッドにおいては薄膜コイルが発熱することによる断線、磁気情報記録媒体の劣化を防止することができる。すなわち、図17(A)に示すように、従来の多層薄膜コイルの構造において、絶縁膜が埋め込み形成されるため、コイルスペースとして薄膜コイルの導体の高さの1/2は余分に必要となるが、上記実施の形態における薄膜コイルは第1コイル導体及び第2コイル導体が台形形状になっており、かつその斜辺同士が対向して配置されているため、薄膜コイルの大きさ又は高さに関わらず、絶縁膜の厚みを一定にすることができる。よって、薄膜コイルの形成密度を向上させることができる。

【0040】具体的には、従来は、メッキにて薄膜コイルを形成しておいたことから、薄膜コイルのコイル導体の形状は図17(D)のように形成される。この形状の薄膜コイルを無機絶縁膜で絶縁を行う場合、薄膜コイルの間隔は導体の厚みの1/2程度がないとスパッタリングにボイド(穴)が発生する問題がある。また、コイル導体の間隔はメッキ時のレジストパターンにより制約されることから、2 μ m以下のパターンとした婆受、レジストパターンが倒れる等の問題を発生する危険がある。一方、本発明では第1コイル導体41を台形形状にすることにより、絶縁膜54を隙間に埋め込み形成するのではなく、第1コイル導体41の傾斜部分に形成することとなるため、絶縁膜の欠陥を発生することがなくなる。また、薄膜コイル間隔は絶縁膜の厚みによって決定することができる。このため、膜の厚さを例えば1 μ mまで薄くすることができる。

【0041】また、図17(B)に示すように、従来の薄膜コイルにおいては、例えば導体幅が12 μ m、薄膜コイルの導体面積が120 μ m²であるのに対して、図17(C)に示すように、本発明の薄膜コイルの構造によると、従来の薄膜コイルと同じ面積の大きさであっても、導体面積を例えば約150 μ m²にすることができる。さらに、薄膜コイル全体の導体の断面積が大きくなれば、必然的に抵抗値を低くすることができる。よって逆に、抵抗値を基準としたときに、従来の薄膜コイルに比べて、上記実施の形態における薄膜コイルの面積を小さくすることができる。

【0042】ところで、本発明は、上記実施の形態に限定されない。第1の実施の形態において、図1の薄膜磁気ヘッド30はハードディスク装置に使用されるものとして説明したが、光磁気ディスク装置、フロッピーディスク装置においても使用することができる。さらに、ビデオテープ等に情報を記録再生するための回転磁気ヘッド装置に搭載してももちろんかまわない。また、上記各

実施の形態において、第1コイル導体及び第2コイル導体の断面形状は台形形状であるが、図18に示すように、球面上であっても上記各実施の形態と同様の効化を得ることができる。

【0043】また、上記各実施の形態において、第1コイル導体と第2コイル導体の断面形状における大きさは同一であるが、第1コイル導体が大きく、第2コイル導体が小さくなるように形成されてもよいし、またこの逆であってもよい。さらに上記各実施の形態において、第1コイル導体及び第2コイル導体のみで薄膜コイルを形成していたが、この第1コイル導体及び第2コイル導体の組み合わせを数層にわたって形成された多層薄膜コイルにも適用することができる。この場合においても、従来の多層薄膜コイルよりも薄膜コイルの厚み幅を小さくすることができ、かつ多層薄膜コイルのしめる面積を小さくすることができる。

【0044】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、小型で発生磁界効率が優れている薄膜コイル、磁気ヘッド及び光磁気ヘッドを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の薄膜コイルを用いた磁気ヘッドの好ましい実施の形態を示す概略斜視図。

【図2】本発明の薄膜コイル好ましい実施の形態を示す正面図。

【図3】図2におけるC-C断面を示す断面図。

【図4】図2におけるD-D断面を示す断面図。

【図5】本発明の薄膜コイルの製造行程の一例を示す模式図。

【図6】本発明の薄膜コイルの製造行程の一例を示す模式図。

【図7】図6の行程において作製された第1コイル導体を示す正面図。

【図8】本発明の薄膜コイルの製造行程の一例を示す模式図。

【図9】図8における第2コイル導体が形成された様子を示す正面図。

【図10】図5乃至図9の製造工程を経て完成した薄膜コイルを示す正面図。

【図11】本発明の光磁気ヘッドの好ましい実施の形態を示す概略正面図。

【図12】図11におけるE-E断面を示す断面図。

【図13】本発明の光磁気ヘッドの製造工程の一例を示す模式図。

【図14】図13(A)の製造過程において作製された磁性膜及び接続端子を示す正面図。

【図15】図13(B)の製造過程において作製された磁性膜及び接続端子を示す正面図。

【図16】本発明の光磁気ヘッドの製造工程の一例を示す模式図。

【図 17】本発明の薄膜コイルと従来の薄膜コイルとを比較した模式図。

【図 18】本発明の薄膜コイルの第 3 の実施の形態を示す第 1 コイル導体及び第 2 コイル導体の断面図。

【図 19】従来の磁気ヘッドに用いられる薄膜コイルの一例を示す正面図。

【図 20】図 19 における A-A 断面を示す断面図。

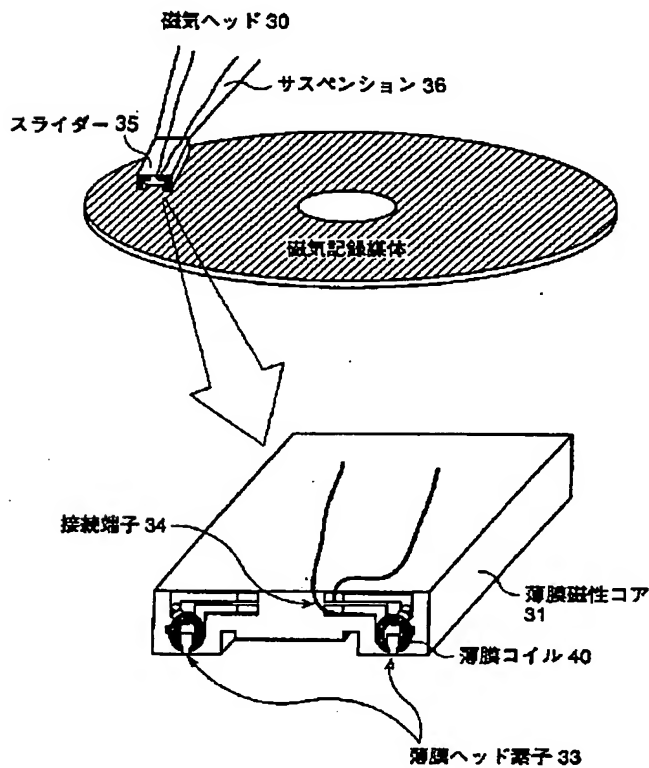
【図 21】従来の光磁気ヘッドに用いられる薄膜コイルの一例を示す正面図。

【図 22】図 21 における B-B 断面を示す断面図。

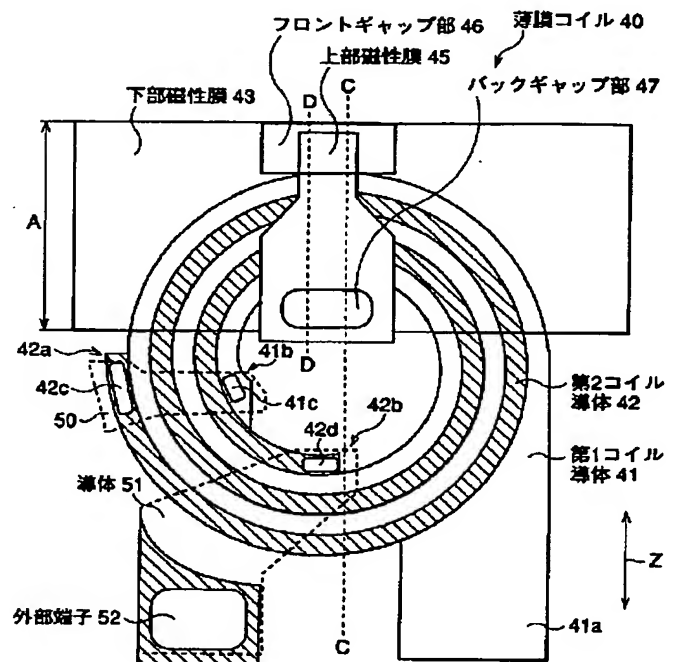
* 【符号の説明】

30・・・磁気ヘッド、40・・・薄膜コイル、41・・・第 1 コイル導体、41c・・・第 1 接続端子、42c・・・第 2 接続端子、42・・・第 2 コイル導体、43・・・下部磁性膜、54・・・上部磁性膜、100・・・光磁気ヘッド、101・・・第 1 コイル導体、102・・・第 2 コイル導体、103・・・第 1 接続端子、104・・・第 2 接続端子、105・・・第 3 接続端子、110・・・磁性膜、110a・・・第 1 磁性膜、110b・・・第 2 磁性膜。

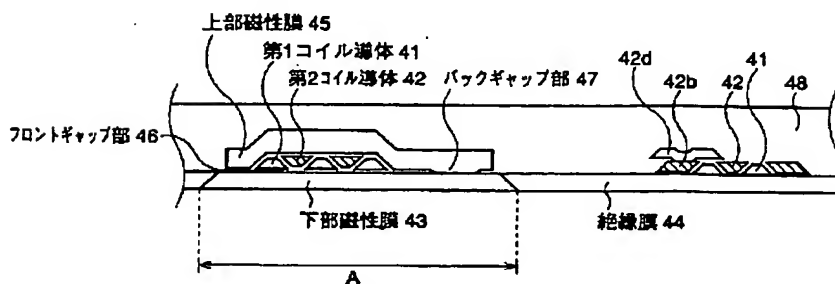
【図 1】



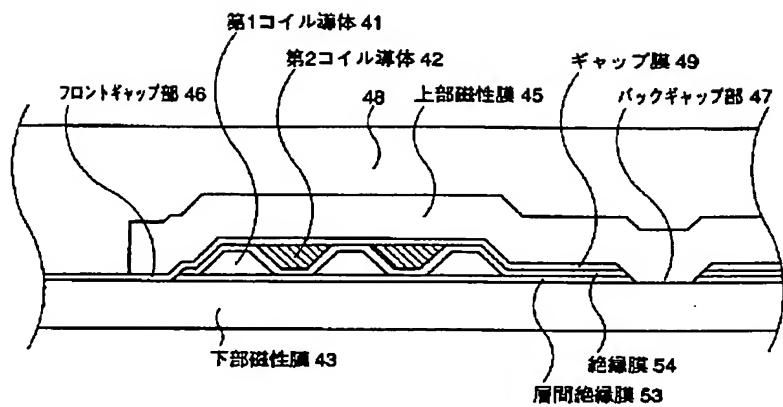
【図 2】



【図 3】



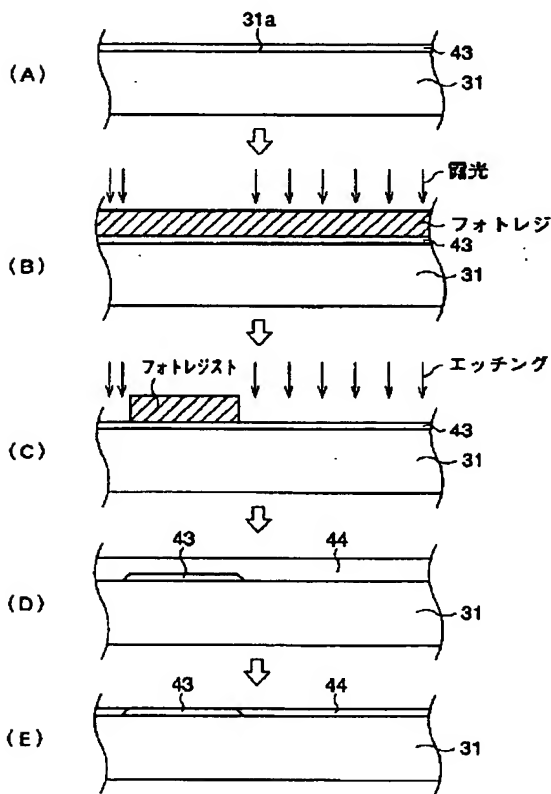
【図 4】



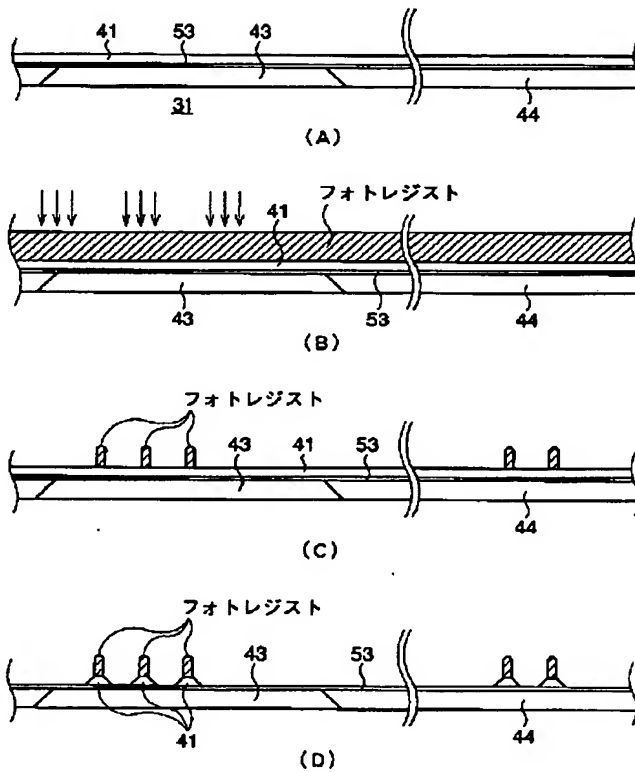
【図 18】



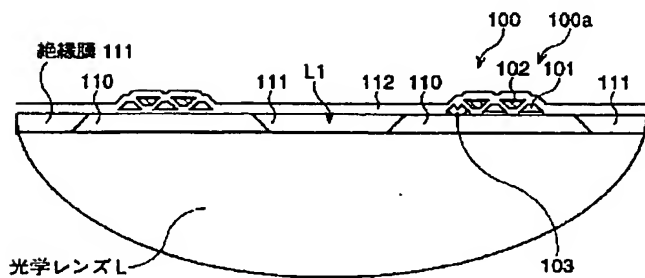
【図 5】



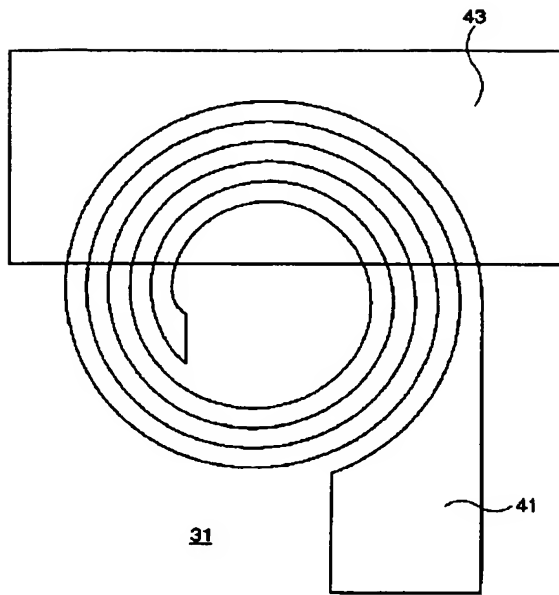
【図 6】



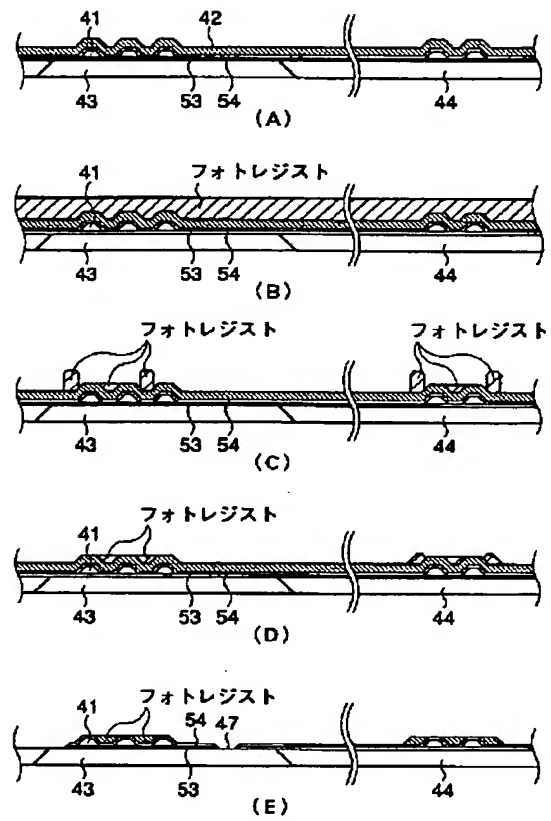
【図 12】



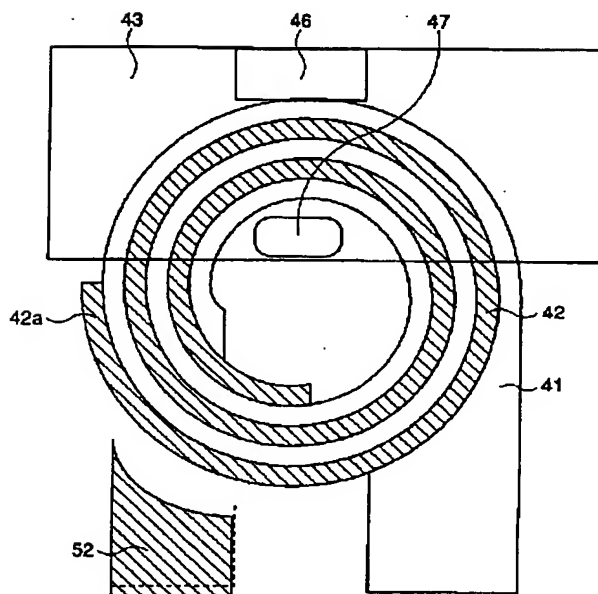
【図 7】



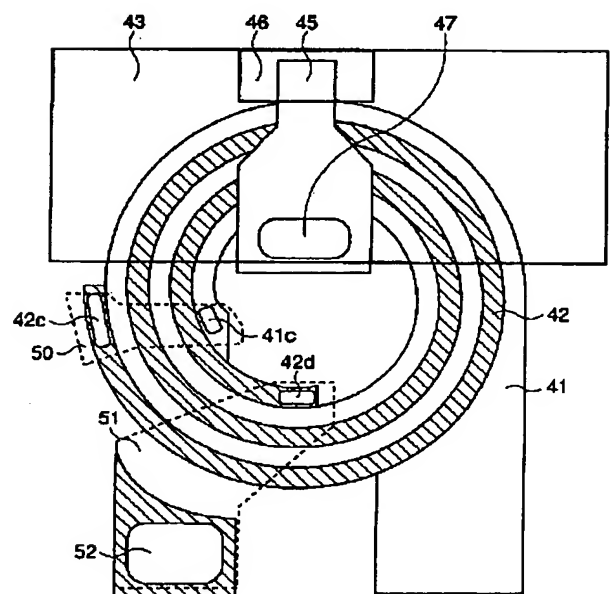
【図 8】



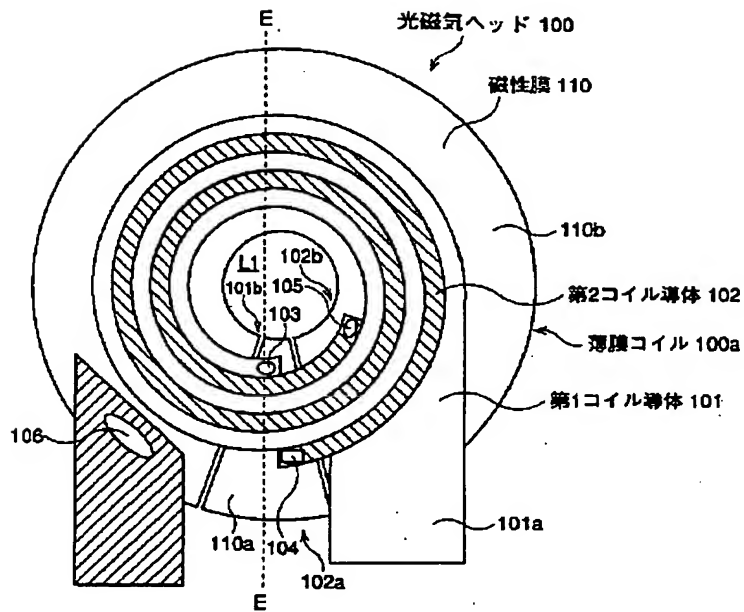
【図 9】



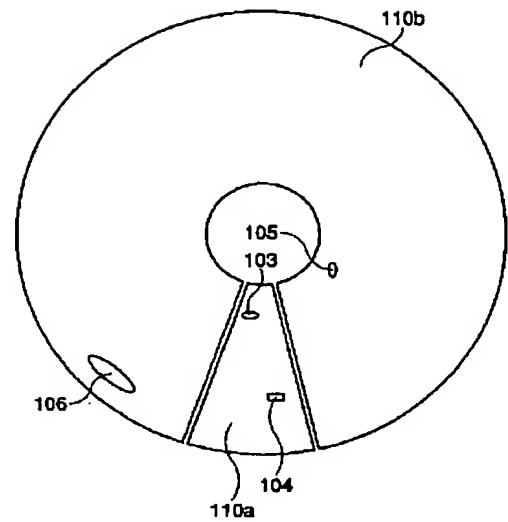
【図 10】



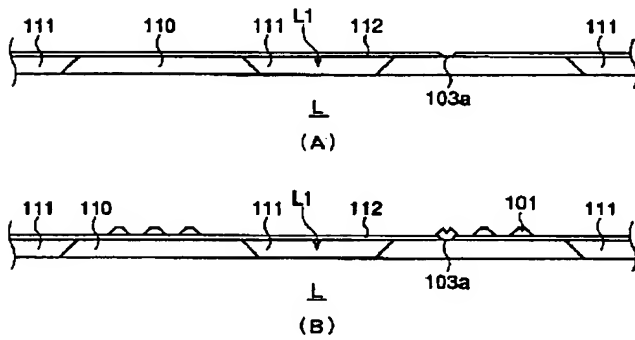
【図 11】



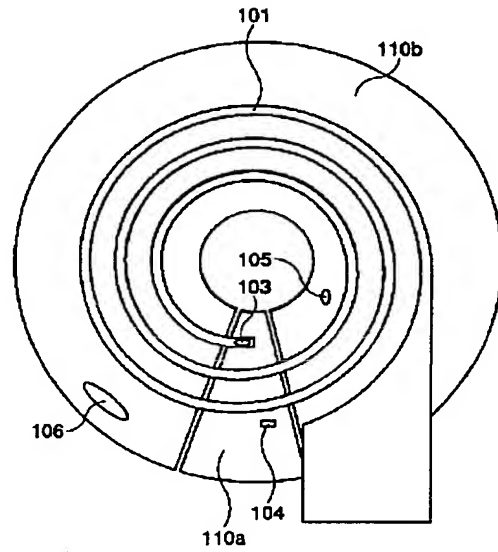
【図 14】



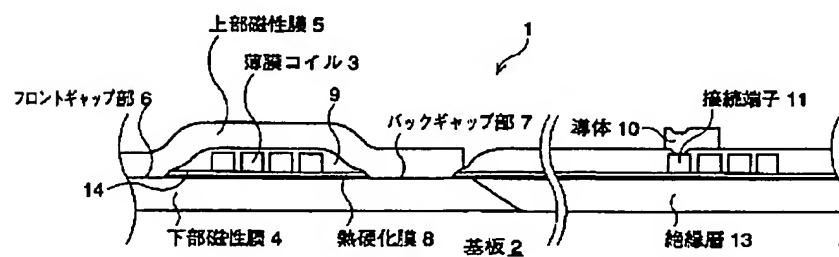
【図 13】



【図 15】



【図 20】



【図 2 2】

